

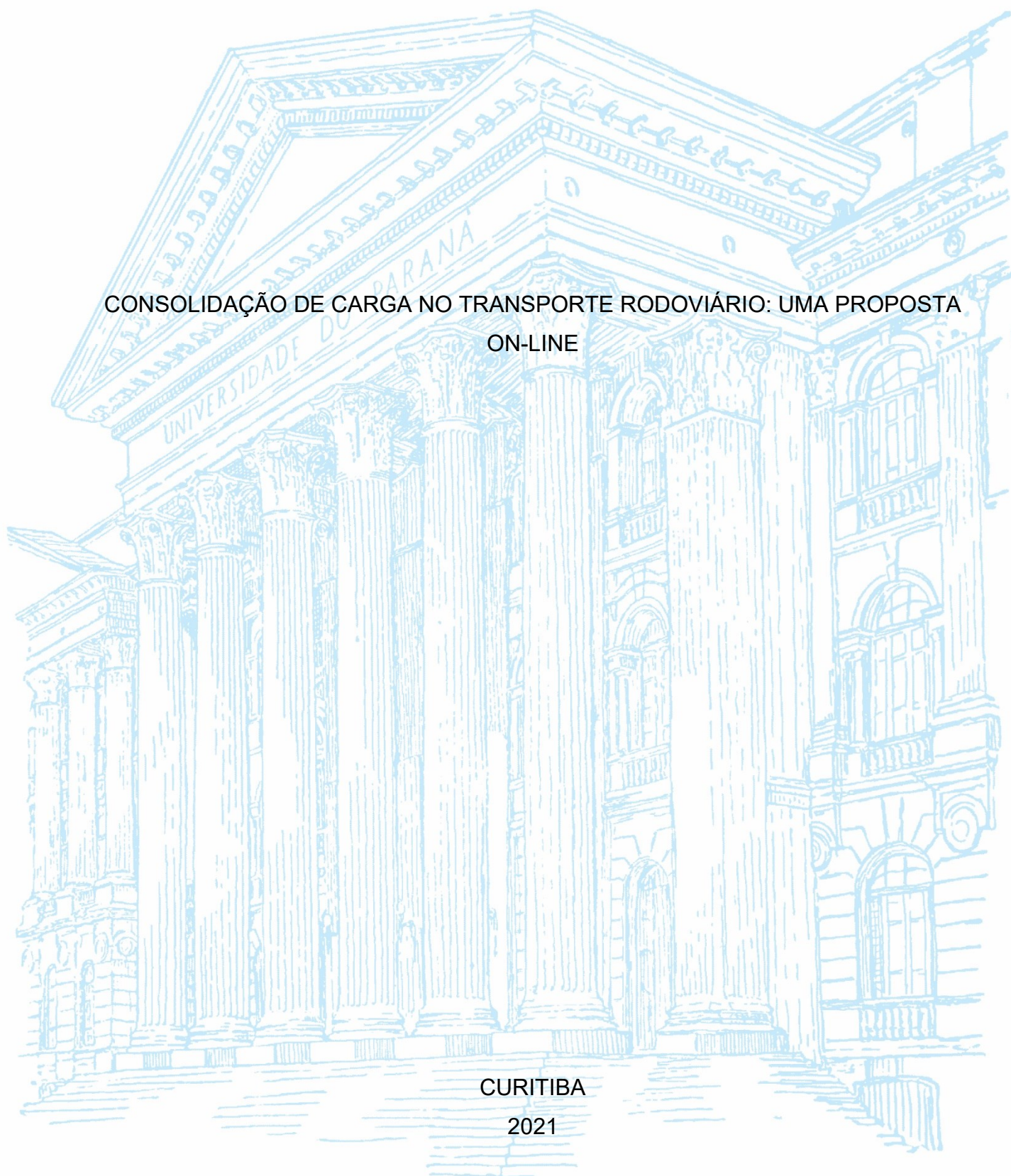
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

TAREK NASSER SATI

CONSOLIDAÇÃO DE CARGA NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO: UMA PROPOSTA  
ON-LINE

CURITIBA

2021



TAREK NASSER SATI

CONSOLIDAÇÃO DE CARGA NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO: UMA PROPOSTA  
ON-LINE

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Setor de tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Cassius Tadeu Scarpin

CURITIBA

2021

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR  
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

---

S253c Sati, Tarek Nasser  
Consolidação de carga no transporte rodoviário: uma proposta  
on-line [recurso eletrônico] / Tarek Nasser Sati – Curitiba, 2021.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de  
Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia de  
Produção.

Orientador: Prof. Dr. Cassius Tadeu Scarpin

1. Programação linear – Processamento de dados. 2. Transporte –  
consolidação de cargas. 3. Matheurística. I. Universidade Federal do  
Paraná. II. Scarpin, Cassius Tadeu. III. Título.

CDD: 519.72

---

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani CRB-9/1585



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO - 40001016070P1

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **TAREK NASSER SATI** intitulada: **CONSOLIDAÇÃO DE CARGA NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO: UMA PROPOSTA ON-LINE**, sob orientação do Prof. Dr. CASSIUS TADEU SCARPIN, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 27 de Maio de 2021.

Assinatura Eletrônica

27/05/2021 16:46:35.0

CASSIUS TADEU SCARPIN

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

27/05/2021 16:48:06.0

JOSÉ EDUARDO PÉCORA JUNIOR

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

27/05/2021 16:48:44.0

ROBERTO ZANETTI FREIRE

Avaliador Externo (PONTIFICA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO  
PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

27/05/2021 16:50:33.0

LEONARDO SILVA DE LIMA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ-  
CURITIBA)



## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente ao meu orientador, Dr. Cassius Tadeu Scarpin, que aceitou a tarefa de me orientar neste trabalho. Um professor com didática ímpar, sempre disponível e pronto para ajudar. Sou muito grato por todo o aprendizado compartilhado nesse período juntos. Espero continuar tendo oportunidades para trabalharmos juntos.

Aos meus pais, Monica e Nasser, e a minha irmã, Mariam, que nunca mediram esforços em apoiar e estar presentes. Espero poder continuar vivenciando bons momentos com vocês. Vocês são as pessoas que sei que sempre poderei contar e que sempre poderão contar comigo.

A minha namorada, Manuela, que tem sido meu porto seguro durante os últimos anos, fornecendo apoio imensurável em cada momento difícil. Uma pessoa a qual tenho grande amor e admiração.

Aos meus amigos, com os quais tive a oportunidade de compartilhar bons momentos durante este período, vocês sabem o quanto eu me dediquei para isso, hoje tenho certeza de que vocês estarão presentes em meu futuro.

A todos os membros do GTAO, Grupo de Tecnologia Aplicada a Otimização, com tantas pessoas focadas em desenvolver pesquisas que façam a diferença. Em especial aos professores Pécora e Gustavo, aos quais tive maior oportunidade de aprender junto.

## RESUMO

A consolidação de cargas é a ação de agrupar carregamentos em um determinado ponto, para uma ou mais entregas, sendo a origem das cargas em um ou mais fornecedores e o destino em um ou mais clientes. Objetiva-se com a consolidação obter resultados que signifiquem maior aproveitamento da capacidade de carregamento dos veículos, em relação a peso e volume. No geral, embora tenha-se a percepção que a consolidação de carga aumenta o custo devido a: aumento do manuseio da carga para trocar de veículo; necessidade de se ter um local adequado para essa operação; e possível aumento do tempo total de viagem de uma certa carga, o custo total terá uma grande probabilidade de redução. Esta redução pode ocorrer basicamente por dois fatores complementares entre si: 1) melhor utilização da capacidade dos veículos e 2) melhor aproveitamento de utilização da frota. Estima-se que os custos de movimentação do veículo, como os custos com combustíveis, por exemplo, representam os maiores percentuais do custo logístico, assim, ao carregar melhor cada veículo, a utilização da frota tenderá a ser minimizada. Trabalhos relacionados à consolidação de cargas no modal rodoviário são abordados desde a década de 1970, pois considera-se uma estratégia diferencial para transportadoras. Este trabalho trata a consolidação de carga no transporte rodoviário do Brasil. Apresenta-se as diferentes abordagens utilizadas na literatura, evidenciando as técnicas de solução, as metodologias e seus resultados. A metodologia proposta é baseada no desenvolvimento de uma heurística para obtenção da solução do problema de consolidação de carga no transporte rodoviário. Esta estratégia utiliza inicialmente uma heurística para criação de caminhos entre pontos de origem e destino em um grafo. Esses caminhos são parâmetros do modelo exato de Programação Linear Inteira Mista (PLIM), para diminuir a quantidade de combinações de deslocamento entre uma origem e um destino, em relação ao modelo utilizando o grafo completo. Para fins de comparação, com intenção inovadora e direcionada aos conceitos da Indústria 4.0, todo o *framework* de solução foi desenvolvido na plataforma de programação em nuvem OutSystems. O modelo exato foi resolvido pelo *solver* Gurobi, por meio de uma API para integração com o OutSystems. A programação do modelo exato foi desenvolvida em linguagem C#, com gerenciamento na nuvem. Os resultados indicaram pouca variação no valor da função objetivo para replicações dos cenários de teste. Foi possível solucionar uma instância com 40 demandas e 10 terminais para consolidação em até 38s, para um dos cenários resolvidos. Demonstrou-se pequeno impacto, em acréscimo de tempo, para resolver este problema de maneira on-line.

Palavras-chave: Consolidação de Carga. Gestão da Cadeia de Suprimentos 4.0. Programação em Nuvem. Programação Linear Inteira Mista. Matheurística.

## **ABSTRACT**

Cargo consolidation consists in grouping shipments at a given point, for one or more deliveries, with the origin of the cargo at one or more suppliers and the destination at one or more customers. The consolidation aims to obtain results that mean greater use of the truck's loading capacity, in terms of weight and volume. In general, although there is a perception that cargo consolidation increases the cost due to: increased cargo handling to change vehicles; the need to have an adequate location for this operation; and possible increase in the total travel time of a certain cargo, the total cost has a great probability of reduction. This reduction can occur basically due to two complementary factors: 1) better utilization of vehicle capacity and 2) better utilization of the fleet. It is estimated that vehicle handling costs, such as fuel costs, for example, represent the highest percentages of the logistical cost, thus, when loading each vehicle better, the use of the fleet will tend to be minimized. Work related to cargo consolidation in the road modal has been approached since the 1970s, as it is considered a differential technique for carriers. This work deals with cargo consolidation in Brazilian road transport. The different approaches used in the literature are presented, showing the solution techniques, the methodologies, and their respective results. The proposed methodology is based on the development of a matheuristic to obtain a solution to the problem of cargo consolidation in road transport. This strategy initially uses a heuristic to create several paths between points of origin and destination in a graph. These paths are parameters of the exact Mixed Integer Linear Programming (PLIM) model, to decrease the number of combinations between a source and a destination, in relation to using the complete graph. With an innovative intention and directed to the concepts of Industry 4.0, the entire solution framework was developed on the OutSystems cloud programming platform. The exact model was solved by the Gurobi solver, through an API for integration with OutSystems. The programming of the exact model was developed in C # language, with management in the cloud. The results indicated little variation in the value of the objective function for replicating the test scenarios. It was possible to solve an instance with 40 demands and 10 terminals for consolidation in up to 38s, for one of the solved scenarios. Little impact has been demonstrated, in addition to time, to solve this problem online.

**Keywords:** Cargo Consolidation. Supply Chain Management 4.0. Cloud Programming. Mixed Integer Linear Programming. Matheuristics.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – GRAFO DOS CDS DA EMBARCADORA .....	39
FIGURA 2 – RESULTADO DA OTIMIZAÇÃO DO EXEMPLO.....	40
FIGURA 3 – ETAPAS METODOLÓGICAS.....	41
FIGURA 4 – CUSTO X OCUPAÇÃO DAS CATEGORIA DE TRANSPORTE .....	54
FIGURA 5 – <i>VIOLIN PLOT</i> DE Z PARA A INSTÂNCIA 1 .....	61
FIGURA 6 – <i>VIOLIN PLOT</i> DE Z PARA A INSTÂNCIA 2 .....	63
FIGURA 7 – <i>VIOLIN PLOT</i> DE Z PARA A INSTÂNCIA 3 .....	64
FIGURA 8 – <i>VIOLIN PLOT</i> DE Z PARA A INSTÂNCIA 4 .....	66
FIGURA 9 – <i>VIOLIN PLOT</i> DE Z PARA A INSTÂNCIA 5 .....	67
FIGURA 10 – CUSTO X OCUPAÇÃO DO CENÁRIO DE TESTES ON-LINE .....	70
FIGURA 11 – TELA DE CRIAÇÃO E LISTA DE VIAGENS .....	74
FIGURA 12 – BOTÃO DE CRIAÇÃO DE VIAGENS.....	74
FIGURA 13 – TELA DE CRIAÇÃO DE DEMANDAS .....	75
FIGURA 14 – FACILITADORES PARA CRIAÇÃO DA DEMANDA .....	75
FIGURA 15 – AVANÇAR E SALVAR DEMANDAS .....	76
FIGURA 16 – TELA DE OTIMIZAÇÃO .....	76
FIGURA 17 – MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DOS TERMINAIS .....	77
FIGURA 18 – DEMANDAS E BOTÃO DE OTIMIZAR .....	78
FIGURA 19 – TELA DE RESULTADO.....	79
FIGURA 20 – RESULTADO LISTADO POR DEMANDAS .....	79
FIGURA 21 – RESULTADO DE UMA DEMANDA.....	80
FIGURA 22 – ROTA DE UMA DEMANDA.....	81
FIGURA 23 – ROTAS DO PLANEJAMENTO.....	82

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – MATRIZ DO TRANSPORTE DE CARGAS .....	11
TABELA 2 – DEMANDAS DA INSTÂNCIA 1 .....	55
TABELA 3 – DEMANDAS DA INSTÂNCIA 2 .....	55
TABELA 4 – DEMANDAS DA INSTÂNCIA 3 .....	56
TABELA 5 – DEMANDAS DA INSTÂNCIA 4 .....	56
TABELA 6 – DEMANDAS DA INSTÂNCIA 5 .....	57
TABELA 7 – INTERVALO DE CONFIANÇA DE Z PARA A INSTÂNCIA 1 .....	60
TABELA 8 – INTERVALO DE CONFIANÇA DE Z PARA A INSTÂNCIA 2 .....	62
TABELA 9 – INTERVALO DE CONFIANÇA DE Z PARA A INSTÂNCIA 3 .....	63
TABELA 10 – INTERVALO DE CONFIANÇA DE Z PARA A INSTÂNCIA 4 .....	65
TABELA 11 – INTERVALO DE CONFIANÇA DE Z PARA A INSTÂNCIA 5 .....	66
TABELA 12 – RESULTADO DOS TESTES ON-LINE .....	68
TABELA 13 – RESULTADO DOS TESTES DA INSTÂNCIA 1 .....	90
TABELA 14 – RESULTADO DOS TESTES DA INSTÂNCIA 2 .....	100
TABELA 15 – RESULTADO DOS TESTES DA INSTÂNCIA 3 .....	110
TABELA 16 – RESULTADO DOS TESTES DA INSTÂNCIA 4 .....	120
TABELA 17 – RESULTADO DOS TESTES DA INSTÂNCIA 5 .....	130



## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

3PL – *Third-Party Logistics*

Anatel – Agência Nacional de Telecomunicações

API – Application Programming Interface

CGI.br – Comitê Gestor da Internet no Brasil

CTC – Cooperativa de Transporte Rodoviário de Cargas

CTLPDP – *Continuous Time Load Plan Design Problem*

DDD – *Dynamic Discretization Discovery*

DSSP – *Dynamic Slope Scaling Procedure*

ETC – Empresa de Transporte Rodoviário de Cargas

EUA – Estados Unidos da América

LRDP – *Long-haul Routing Design Problem*

LTL – *Less-Than-Truckload*

ODSD – *On-Demand Same-Day Delivery*

P2PT – *Direct Peer-to-Peer Transshipment*

PEDS – *Proportional to Effective Demand for Sharing*

PLIM – Programação Linear Inteira Mista

RNTRC – Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Cargas

Serpro – Serviço Federal de Processamento de Dados

TAC – Transportador Autônomo de Cargas

TL – *Full-Truckload*

TScb – *Tabu Search algorithm*

UIT – União Internacional de Telecomunicações

VMI – *Vendor-Managed-Inventory*

VRP – *Vehicle Routing Problem*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	13
1.1.1 Objetivos específicos.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA .....	14
1.3 LIMITAÇÕES.....	16
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	16
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>18</b>
2.1 TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGA .....	18
2.1.1 Consolidação de carga.....	20
2.1.2 Logística terceirizada (3PL).....	22
2.2 TRABALHOS CORRELATOS .....	23
2.2.1 Pesquisa bibliográfica.....	23
2.2.2 Descrição dos trabalhos .....	24
2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A LITERATURA.....	35
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>37</b>
3.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA.....	37
3.2 ETAPAS METODOLÓGICAS.....	40
3.2.1 Coleta de dados .....	41
3.2.2 Formulação e validação do modelo PLIM .....	42
3.2.3 Formulação heurística e validação matheurística .....	43
3.2.4 Programação em OutSystems e testes computacionais .....	44
3.3 MODELO MATEMÁTICO .....	45
3.4 OTIMIZAÇÃO 4.0 .....	49
<b>4 TESTES COMPUTACIONAIS .....</b>	<b>51</b>
4.1 GERAÇÃO DE CENÁRIOS.....	51
4.1.1 Instância 1 .....	54
4.1.2 Instância 2 .....	55
4.1.3 Instância 3 .....	55
4.1.4 Instância 4 .....	56
4.1.5 Instância 5 .....	57
4.2 TESTES E RESULTADOS.....	58
4.3 DISCUSSÕES SOBRE O CAPÍTULO .....	68

<b>5 APLICAÇÃO WEB.....</b>	<b>74</b>
<b>6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>83</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>85</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>90</b>

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Schroeder e Castro (1996), desde a década de 1950, o transporte rodoviário de carga é tido mundialmente como um dos principais meios de transporte de cargas. No Brasil, este era tido não só como o principal, porém, quase exclusivo meio de transporte de carga até a década de 70, demonstrando grande importância na matriz de transportes do país (SCHROEDER e CASTRO, 1996). O transporte rodoviário corresponde a 64,8% de toda carga transportada dentro do Brasil (CNT, 2021), ocasionando grande dependência deste modal. A TABELA 1 apresenta a matriz de transportes referente a fevereiro de 2021, onde nota-se disparidade do modal rodoviário em relação aos demais.

TABELA 1 – MATRIZ DO TRANSPORTE DE CARGAS

<b>Modal</b>	<b>Bilhões (TKU)</b>	<b>Participação (%)</b>
Rodoviário	1.548,0	64,86
Ferrovário	356,8	14,95
Cabotagem	249,9	10,47
Hidroviário	125,3	5,25
Dutoviário	106,1	4,45
Aéreo	0,6	0,03
<b>Total</b>	<b>2.386,7</b>	<b>100,00</b>

FONTE: CNT (2021)

Existem duas categorias de serviços prestados no transporte rodoviário de carga: *Less-Than-Truckload* (LTL), ou Carga Fracionada, e *Full-Truckload* (TL), ou Carga Completa. A categoria LTL possui o espaço total do veículo ou caminhão dividido entre diferentes cargas e diferentes clientes. Esta categoria é caracterizada por preços médios de carga mais altos por unidade transportada, pois o veículo realiza mais carregamentos/descarregamentos e não possui uma rota direta. A implicação de não possuir rota direta é a necessidade de o veículo percorrer diversos trechos entre uma origem e um destino. Define-se trecho como a distância entre dois pontos intermediários de entregas/coletas. Na categoria TL, o veículo tem ocupado todo o seu espaço ou com contrato para exclusividade, independente da ocupação, com apenas uma carga e cliente. Em geral, o preço da carga, neste caso, é mais baixo e a rota realizada é direta, ou seja, existe apenas um trecho entre a origem e o destino (VERGARA; ROOT, 2013).

De acordo com Crainic *et al.* (2018) a categoria LTL foi reportada em 2012 como uma indústria de aproximadamente 30 bilhões de dólares nos Estados Unidos (EUA), as transportadoras LTL costumam gastar milhões de dólares em custos de transporte e manuseio a cada semana. O transporte de carga impõe para o motorista, em geral, longos trechos e períodos fora de casa. Muitas vezes para suprir as longas distâncias impostas, os motoristas acabam dirigindo por muitas horas seguidas. Essas horas trabalhando podem ultrapassar o limite estipulado pela Lei nº 13.103/2015 de março de 2015, que limita a carga horária em 10h diárias. Outra lei existente com o objetivo de melhorar as condições de vida dos motoristas de caminhão é a Lei nº 13.703, de 8 de agosto de 2018, que instituiu a política nacional de pisos mínimos. Esta lei determina que o transporte rodoviário de cargas passa a ter seu frete remunerado em patamar igual ou superior aos pisos mínimos pré-fixados, atualizados conforme decisão governamental.

Uma possível solução, visando a redução do custo de transporte, é a consolidação de cargas, doravante chamada de consolidação. A consolidação consiste em agrupar em um mesmo veículo, ou container, diferentes cargas com origens (ou destinos) diferentes, a fim de reduzir o custo total com o transporte. A consolidação ocorre como uma etapa intermediária em uma rede de distribuição de uma transportadora LTL. Suas remessas geralmente envolvem origens e destinos diferentes, constituindo uma rede muitos-para-muitos (CRAINIC *et al.*, 2018).

De acordo com Guastaroba, Speranza e Vigo (2016), no geral, uma rede de distribuição é caracterizada pelo transporte de bens e matérias-primas por um conjunto de origens até um conjunto de destinos e, possivelmente, por meio de um conjunto de instalações intermediárias. Apesar do uso de instalações intermediárias apresentar uma maior distância percorrida entre a origem e o destino, quando comparadas ao transporte direto, estas instalações desempenham um papel importante na rede de distribuição, onde economias de escala podem ser atingidas pela consolidação de cargas. Economias de escala ocorrem quando se diminui o custo médio do transporte, segundo Guastaroba, Speranza e Vigo (2016), sendo que esta economia ocorre na consolidação devido ao melhor aproveitamento da capacidade dos veículos.

Trabalhos relacionados à consolidação de carga em instalações intermediárias são encontrados na literatura há mais de 40 anos. Geoffrion e Graves



(1974) são conhecidos por serem um dos primeiros a investigar o uso de instalações intermediárias para consolidação de cargas entre fornecedores e clientes.

Geoffrion e Graves (1974) formularam o problema com Programação Linear Inteira Mista (PLIM) e desenvolveram uma técnica de solução baseada na decomposição de *Benders*. O algoritmo foi aplicado com sucesso a um problema real de uma grande empresa de alimentos com 17 classes de commodities, 14 plantas, 45 possíveis centros de distribuição e 121 zonas de clientes. Segundo os autores, o uso dessas instalações permite a concentração de carregamentos em um número reduzido de rotas, gerando economias de escala.

A consolidação pode aumentar o percentual de utilização da capacidade de carga dos veículos, reduzindo o custo total do transporte. Entregas diretas devem ser utilizadas quando o carregamento preenche a capacidade do veículo, a distância entre a origem e o destino é muito curta ou em casos de forte restrição de tempo. Nos demais casos, a consolidação pode ser utilizada para reduzir o custo, podendo ocorrer dentro de uma empresa transportadora ou em colaboração entre diferentes empresas de transporte (GUASTAROBÀ; SPERANZA; VIGO, 2016).

Este trabalho apresenta os conceitos básicos envolvidos na consolidação de carga, as possibilidades de modelagem para resolver este problema, os métodos mais utilizados na literatura e uma proposta de abordagem de solução matheurística para o problema. Esta proposta utiliza uma heurística e um novo modelo matemático, a qual visa possibilitar a redução do custo com o transporte rodoviário de cargas. Apresenta-se uma metodologia de solução on-line, em uma aplicação *Web*, com uma abordagem integradora entre interface de entrada e saída de dados, com a solução do problema de consolidação de cargas por meio de API's.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Propor uma metodologia de interface on-line para entrada e saída de dados relacionados ao problema de consolidação de carga no transporte rodoviário, cuja solução é obtida pela resolução de um modelo de PLIM.

### 1.1.1 Objetivos específicos

- Analisar trabalhos correlatos, expondo suas contribuições na literatura para o problema abordado;
- Propor um modelo matemático para o problema abordado;
- Resolver o modelo utilizando o *solver* Gurobi, com instâncias inspiradas em casos reais;
- Propor uma metodologia de resolução matheurística;
- Desenvolver uma aplicação *Web*, em linguagem OutSystems, que contemple a metodologia apresentada neste estudo.

### 1.2 JUSTIFICATIVA

De acordo com *American Trucking Associations* (2018), apenas nos EUA, o mercado de frete de caminhões obteve US\$ 796,7 bilhões em receita bruta no ano de 2018. Segundo Prince (2017), a margem percentual de lucro no transporte de carga é de aproximadamente 5%, comprovando a importância das empresas em reduzir os custos de transporte para serem competitivos. A abordagem de otimização da solução do problema da consolidação de cargas é uma boa medida para atingir este objetivo. Em uma pesquisa conduzida por Louwerse *et al.* (2014), o planejamento dos movimentos em uma rede de entregas expressa foi capaz de reduzir o custo total em até 18,6%, utilizando consolidação de carga.

Há uma tendência de crescimento no uso da internet por meio de plataformas on-line. De acordo com o Ministério da Ciência Tecnologia Inovações e Comunicações (2016), o balanço realizado pela Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) registrou um crescimento de 193% da utilização da tecnologia 4G móvel no Brasil em 2016. De acordo com a União Internacional de Telecomunicações (UIT), em 2018, 51,2% da população mundial utilizava a internet, o equivalente a 3,9 bilhões de pessoas. No Brasil, o Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br) estimou que 120,7 milhões de brasileiros tinham acesso à Internet em 2017 (ONU Brasil, 2019).

Esta tendência mantém o padrão na área de transportes. Uma pesquisa realizada pela empresa Sontra Cargo em 2016 revelou que 71,8% dos caminhoneiros possuíam aparelho próprio com acesso à internet e 62,1% alegaram acessar a internet

diariamente (Sontra Cargo<sup>1</sup>, 2016 apud TERRA *et al.*, 2018). Outra pesquisa realizada sobre o ano de 2018, revelou um grande aumento em relação a 2016, indicando que 79,5% dos caminhoneiros utilizavam a internet diariamente (CNT, 2019). Apesar desta análise de tendência de crescimento de utilização de internet por parte de motoristas não estar diretamente relacionada com o trabalho proposto, ela serve como base para entender o quão adepto motoristas seriam para acessar suas rotas e cargas a serem consolidadas por meio de uma página *Web*.

A pesquisa da Sontra Cargo também revelou que 19,5% destes caminhoneiros consideram a internet como uma das cinco principais necessidades nos pontos de parada, abaixo apenas de alimentação (61,7%), estacionamento (49,9%), segurança (27,1%) e serviços mecânicos (22,3%) (Sontra Cargo, 2016 apud TERRA *et al.*, 2018). Como outro exemplo desta tendência, pode-se citar o aplicativo gratuito InfraBr Caminhoneiro. Desenvolvido pelo Serviço Federal de Processamento de Dados (Serpro) para o Ministério da Infraestrutura, em outubro de 2019, disponibiliza diversos serviços e facilidades, como por exemplo uma calculadora de frete. O aplicativo possuía mais de 15 mil usuários, passados 5 meses de seu lançamento (SERPRO, 2020).

No mercado brasileiro as empresas TruckPad, Sontra Cargo e FreteBras são consideradas como algumas das principais empresas facilitadoras do mercado de fretes. A TruckPad conta atualmente com mais de 18 mil empresas registradas, além de 1 milhão de motoristas cadastrados (TRUCKPAD, 2020). A FreteBras possui cerca de 9 mil empresas, além de 410 mil veículos cadastrados (FRETEBRAS 2020). Já a Sontra Cargo, no ano de 2016, reportou mais de 20 mil transportadoras cadastradas (LUCAS AGRELA, 2016). Estas três empresas possuem aplicativos que facilitam a consolidação de cargas, porém, nenhuma das três possui um otimizador de consolidação. Apesar da literatura relacionada a consolidação de cargas ser vasta, foi demonstrada uma lacuna na implementação on-line deste tema de maneira comercial.

---

<sup>1</sup> SONTRA CARGO. **Pesquisa sobre o uso da tecnologia pelos caminhoneiros**. 2016  
Disponível em: <<https://www.sontracargo.com.br/blog/?p=746>>. Acesso em: 15 março 2018.

### 1.3 LIMITAÇÕES

O trabalho foi realizado em dois diferentes ambientes de desenvolvimento de software, o Visual Studio e o OutSystems, além de utilizar um solver matemático, o Gurobi. O Visual Studio é um *software* da Microsoft, que possibilita a construção de Web APIs na linguagem C# (MICROSOFT, 2021), e da programação do modelo matemático do Gurobi. Esta etapa teve como maior dificuldade, a exposição da API na nuvem para integração com o OutSystems. O Gurobi é um *software* que resolve problemas de Programação Linear, Programação Inteira Mista e outros modelos matemáticos. É utilizado por mais de 2.500 empresas, em mais de 40 setores diferentes, entregando o solver mais rápido em processamento disponível, considerado até 50% mais rápido que a concorrência mais próxima (GUROBI, 2020). O Gurobi possibilita utilizar sua licença acadêmica de forma on-line, possibilitando resolver um modelo de PLIM de forma exata.

A plataforma OutSystems é um ambiente de desenvolvimento de aplicações on-line, que não possui um *solver* matemático disponível. Assim, sua utilização servirá como ambiente de desenvolvimento computacional do *front-end* da aplicação desenvolvida. A limitação desta plataforma está no desafio de realizar a comunicação com o programa criado no Visual Studio, devido a necessidade de esta ser feita de maneira on-line, por meio de APIs. A escolha desta plataforma de desenvolvimento se deu pelo prévio conhecimento em sua linguagem, no fato de ser reconhecida como uma das melhores linguagens *lowcode*, de acordo com Gartner e Forrester, além de acelerar o desenvolvimento da aplicação em cerca de 600% (OUTSYSTEMS, 2020).

Embora seja divulgado amplamente no meio corporativo que há cada vez mais necessidade de sistemas inteligentes e sistemas on-line de tomadas de decisão, onde os modelos matemáticos deverão ser processados, o tempo computacional e o uso de recursos computacionais da nuvem ainda são limitadores para a total implementação desta abordagem proposta.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em 5 capítulos. O capítulo 2 traz a revisão da literatura referente ao tema do trabalho, sendo apresentada a origem do tema, suas variações na literatura, assim como os possíveis métodos de resolução. O capítulo 3

apresenta a proposta de abordagem para o problema de consolidação de cargas, estando presente a descrição do problema, a descrição das etapas metodológicas, o modelo matemático e as características e especificidades de como foi realizada a otimização baseada nos conceitos da Indústria 4.0. O capítulo 4 apresenta os testes e seus resultados, descrevendo como foram gerados os cenários de teste, assim como uma discussão acima destes. E, por fim, o capítulo 5 apresenta as conclusões perante a pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.



## 2 REVISÃO DA LITERATURA

A consolidação de carga, utilizada em um transporte rodoviário realizado por terceiros, chamado de frete, é uma prática de grande importância no ramo logístico. Este projeto propõe, baseado na prática de consolidação do transporte rodoviário de carga, resolver o problema das tomadas de decisões dos locais e formatos das consolidações. Apresenta-se nesta revisão a origem do tema, suas variações na literatura, assim como os possíveis métodos de resolução. A revisão está dividida em duas partes:

1. Descrever o problema tema do trabalho, apresentando as particularidades e definições necessárias para a compreensão da proposta de metodologia de resolução;
2. Avaliar trabalhos correlatos sobre o tema, analisando as variações do problema abordado, o método de resolução proposto e os resultados obtidos.

### 2.1 TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGA

O transporte rodoviário de carga ocorre em qualquer momento que uma determinada carga é transportada de um local a outro, utilizando vias terrestres. De acordo com Ballou (1993), a necessidade de transportar e armazenar mantimentos e armamentos durante a segunda guerra mundial transformou este período em um marco de desenvolvimento logístico, tendo grande investimento entre os anos de 1950 e 1960.

A Resolução 5.849, de 16 de julho de 2019, define o frete como o pagamento ao serviço de transporte para a movimentação de cargas, prestado pelo transportador rodoviário de cargas (TRC). O TRC deve estar inscrito no Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Cargas (RNTRC), no território nacional, em vias públicas e em uma rota com origem e destino fixados em contrato.

Segundo Fleury *et al.* (2000), o transporte é o principal elemento de um sistema logístico, representando cerca de 60% dos custos logísticos, 3,5% do faturamento e podendo representar mais que o dobro do lucro. Outro fator muito importante, é o fato que o transporte impacta diretamente no tempo de entrega e segurança do produto, sendo essencial na avaliação da qualidade e confiabilidade do serviço logístico.

Existem diversas empresas que utilizam o transporte rodoviário de cargas, por exemplo empresas industriais, agrícolas, comerciais e de serviço. Estas empresas atuam diretamente no transporte, movimentando suas próprias mercadorias ou de terceiros, de um local a outro. Além destas, existem prestadores de serviços de transporte, podendo ser um Transportador Autônomo de Carga (TAC), uma Empresa de Transporte Rodoviário de Carga (ETC) ou uma Cooperativa de Transporte Rodoviário de Cargas (CTC). Uma ETC pode contratar um TAC como serviço terceirizado ou eles podem concorrer entre si (CASTRO, 1988).

Segundo Código Civil de 2002, o contrato de transporte de carga é formado entre o remetente, também chamado de embarcador, e o transportador. O embarcador contrata o serviço de um transportador, mediante remuneração, para efetuar o transporte do bem da origem, que geralmente é o estabelecimento do remetente, ao destinatário. O embarcador é definido pela Lei 10.209, de 23 de março de 2001, como o contratante do serviço de transporte rodoviário de carga. No geral, este é o proprietário originário da carga, porém, também pode ser o contratante do serviço de transporte rodoviário de carga, que não seja o proprietário originário da carga, ou ainda, a empresa transportadora que subcontrata o serviço de um TAC.

No Brasil a Lei 11.442, de 5 de janeiro de 2007, define o TAC como uma pessoa física que tenha como atividade profissional o transporte rodoviário de cargas. Para isso, é necessária a comprovação que este seja o proprietário, coproprietário ou arrendatário de, pelo menos, um veículo automotor de carga. Veículo automotor de carga é definido pela Resolução 5.849, de 16 de julho de 2019, como um equipamento com propulsão própria destinado ao transporte rodoviário de cargas. O TAC também deve comprovar experiência na área de, pelo menos, 3 anos ou ter aprovação em curso específico para a atividade.

A Lei 11.442, de 5 de janeiro de 2007, define o ETC como uma pessoa jurídica que tenha como atividade principal o transporte rodoviário de cargas. Para o enquadramento legal é necessário: comprovação que este seja o proprietário, coproprietário ou arrendatário de, pelo menos, um veículo automotor de carga registrado no Brasil; ter sede no Brasil; indicar e promover a substituição do responsável técnico, que deve ter experiência na área de, pelo menos, 3 anos, ou ter aprovação em curso específico para a atividade; caráter idôneo dos sócios; e demonstrar capacidade financeira para o exercício do transporte de carga.

### 2.1.1 Consolidação de carga

A consolidação de carga consiste em agrupar carregamentos de diferentes fornecedores, formando um grande carregamento em um determinado ponto, chamado de ponto de consolidação. A consolidação de cargas é interessante, pois pode possibilitar maior percentual de utilização da capacidade dos veículos de transporte (TYAN; WANG; DU, 2003).

Segundo Louwerse (2014), realizar o transporte de todas as parcelas diretamente do depósito de origem para o depósito de destino não é, em geral, econômico. Isso ocorre normalmente porque o número de depósitos é grande e a quantidade de pacotes que precisam ser transportados, entre cada par de depósitos, é relativamente pequena.

De acordo com Nguyen, Dessouky e Toriello (2014), estratégias de colaboração, como consolidar cargas na cadeia de suprimentos, podem otimizar o desempenho de uma empresa. A consolidação de cargas permite que embarcadores e transportadores aproveitem as economias de escala e obtenham menores custos totais de transporte, que varia de acordo com a dimensão da demanda do fornecedor.

Guastaroba, Speranza e Vigo (2016) classificam os problemas ligados a consolidação em 4 diferentes características:

#### 1. Tipo de rede:

- Rede pura: Entregas diretas das origens aos destinos não são permitidas, obrigando todas as remessas a serem transferidas por meio de instalações intermediárias.
- Rede híbrida: São permitidas entregas diretas das origens aos destinos, ou seja, remessas podem ser transferidas diretamente para o destino ou por meio de instalações intermediárias.

#### 2. Número de instalações intermediárias:

- Instalação única: Apenas uma instalação intermediária disponível na rede.
- Múltiplas instalações: Múltiplas instalações intermediárias disponíveis.

#### 3. Estrutura de origem-destino:

- Um-para-um: Apenas uma origem e apenas um destino contemplam a rede.
- Um-para-muitos: Apenas uma origem atende vários destinos.
- Muitos-para-um: Múltiplas origens atendem um destino.

- Muitos-para-muitos: A rede contempla múltiplas origens e cada uma delas pode estar associada a múltiplos destinos.

#### 4. Número de mercadorias:

- Comódite único: É transportado apenas um tipo de mercadoria pela rede.
- Múltiplos comódites: São transportados múltiplos tipos de mercadorias.

Outra classificação importante é citada em Crainic e Laporte (1997), que diferenciam em três diferentes níveis de planejamento:

- Planejamento estratégico: É considerado um planejamento de longo prazo, envolve o mais alto nível de gerenciamento e requer grandes investimentos em horizontes de longo prazo. As decisões estratégicas determinam políticas gerais de desenvolvimento e moldam amplamente as estratégias operacionais do sistema. O design da rede física e a localização de instalações intermediárias são exemplos deste nível de planejamento.
- Planejamento tático: É considerado um planejamento de médio prazo, visa garantir uma alocação eficiente dos recursos existentes para melhorar o desempenho do sistema. São decisões que precisam ser tomadas principalmente com relação ao design da rede de serviços. A escolha da rota por meio das instalações intermediárias e o tipo de serviço utilizado são exemplos deste nível.
- Planejamento operacional: É considerado um planejamento de curto prazo, realizado pela gerência local em um ambiente altamente dinâmico, onde o fator tempo desempenha um papel importante. A programação de serviços de manutenção e a alocação de recursos são exemplos deste nível.

Berman e Wang (2006) classificam o método de distribuição para o transporte rodoviário em três principais tipos:

- *Direct shipping* (entrega direta): O veículo viaja diretamente de um fornecedor para uma fábrica, sem realizar paradas.
- *Milk-run*: O veículo coleta os produtos em um ou vários fornecedores e os entrega em uma ou várias fábricas.
- *Cross-docking*: Os produtos são entregues de fornecedores para um *cross-dock* (instalação intermediária) e, em seguida, do *cross-dock* para as fábricas.

Além destas classificações, Guastaroba, Speranza e Vigo (2016) também descrevem características específicas que podem englobar os estudos, abaixo são listadas essas características, assim como um exemplo para cada uma:

- Restrições de capacidade máxima aos veículos.
  - *Truck capacity constraint* (ÜSTER; AGRAHARI, 2010).
- Restrições de capacidade máxima às instalações intermediárias.
  - *Cross-dock capacity constraint* (MIAO; FU; YANG, 2012).
- Restrições de janelas de tempo para as entregas e coletas.
  - *Supplier and customer time windows constraints* (MIAO; FU; YANG, 2012).
- Restrições de limite de tempo para as entregas.
  - *Same-day delivery constraints* (ZHOU; LIN, 2018).
- Possibilidade de armazenamento de bens nas instalações intermediárias.
  - *Distributor storage network* (NGUYEN *et al.*, 2013).

Este trabalho é realizado com classificação a nível tático, em uma rede híbrida de muitos-para-muitos, com múltiplas instalações intermediárias, comódite único e tipo de distribuição de *cross-docking*. Além disso, tem-se a inclusão de restrições de capacidade máxima aos veículos, restrições de limite de tempo para as entregas e possibilidade de armazenamento de cargas nas instalações intermediárias. A seção 2.3 descreve de maneira mais detalhada as especificidades do trabalho perante a literatura correlata.

### 2.1.2 Logística terceirizada (3PL)

De acordo com Hanbazazah *et al.* (2019), operadores *third-party logistics* (3PL) são inteiramente responsáveis das operações logísticas de outras empresas. Essas objetivam fornecer melhor planejamento e economias de escala por meio da utilização de instalações compartilhadas e consolidações de carga. Muitas empresas empregam fornecedores 3PL para se responsabilizar pelas operações ligadas ao transporte de suprimentos e entregas. Isso reduz os custos e diminui a complexidade gerencial da empresa, uma prática comum nos EUA (HANBAZAZAH *et al.*, 2019). Segundo Armstrong & Associates, Inc. (2020), no ano de 2018, operadores 3PL detiveram 9,2% da receita logística no Brasil, o que representa US\$ 19,9 bilhões, este percentual é de 10,3% mundialmente.

Para ser capaz de fornecer serviços econômicos e obter vantagem competitiva, as empresas 3PL geralmente visam otimizar seus processos, diminuindo



os custos de transbordo, por meio de uma consolidação de cargas eficaz (HANBAZAZAH *et al.*, 2019).

Segundo Qin *et al.* (2014), serviços 3PL tem se tornado cada vez mais importantes no mercado global, sendo muitas vezes preferível sua utilização na cadeia de suprimentos de grandes empresas. Em 2019, o mercado 3PL foi avaliado em US\$ 1.027,71 bilhões e está projetado para atingir o valor de US\$ 1.789,94 bilhões até 2027, um aumento de aproximadamente 75% (ANVAY SONPIMPLE, 2020). Qin *et al.* (2014) citam diversos benefícios na utilização destes serviços, por exemplo:

- Evitar custos de instalação envolvidos no gerenciamento e implementação logística em um novo local;
- No geral, executam as tarefas logísticas com mais eficiência que o cliente, por serem especializadas nesta área e aproveitarem melhor as economias de escala;
- No geral, estão mais aptos a tomar decisões logísticas impactadas pelos locais, por possuírem experiência regional.

## 2.2 TRABALHOS CORRELATOS

Nesta seção, são apresentados trabalhos referentes à consolidação de cargas. Foi feito o enquadramento da presente pesquisa baseado nos trabalhos correlatos, sendo que a principal contribuição deste levantamento bibliográfico está no fato de expor a evolução dos trabalhos voltados à consolidação de carga.

### 2.2.1 Pesquisa bibliográfica

A pesquisa realizada deu-se nas seguintes etapas: pesquisa de artigos na base *Web of Science*; seleção de artigos correlatos ao tema; e seleção de artigos relevantes as características específicas abordadas neste trabalho. A pesquisa de artigos deu-se pela busca das seguintes palavras-chave, combinadas entre si. São elas: *Freight*; *Consolidation*; *Transportation* e *Transshipment*. A pesquisa foi realizada utilizando três filtros, são eles: apenas artigos científicos, para utilizar trabalhos de maior relevância; escritos em inglês, por se tratar do principal idioma dentre os artigos científicos sob domínio do pesquisador; publicados em revistas que não sejam “*Engineering Electrical Electronic*” ou “*Telecommunications*”. Este último critério deu-se devido ao fato de que se encontrou muitos trabalhos nestas revistas, mas que não

são de interesse técnico desta pesquisa. Foi utilizado o horizonte de tempo de 20 anos para a busca de artigos (2001 a 2021). Após a seleção, foram buscadas referências em comum entre os artigos que também pudessem agregar valor a este capítulo, totalizando 21 artigos para compor a seção seguinte.

A seção seguinte tem como objetivo descrever brevemente os artigos selecionados, respondendo três principais perguntas. O que foi realizado? Como foi realizado? E quais foram os resultados?

### 2.2.2 Descrição dos trabalhos

Tendo em vista o alto custo do transporte aéreo Tyan, Wank e Du (2003) realizaram um trabalho aplicado a consolidação de cargas em empresas de operação 3PL no e-commerce. O trabalho busca maximizar o percentual de utilização das aeronaves, mantendo os compromissos de serviço. Tiveram como objetivo desenvolver um modelo que resulte no menor custo total de transporte, utilizando diferentes políticas de consolidação de carga. Foram realizados três diferentes modelos matemáticos, cada um com uma política de consolidação diferente. Os resultados foram obtidos utilizando o *solver* do Lingo 5.0 e demonstraram considerável redução dos custos de transporte e melhoria de cerca de 20% no nível do serviço, consequência da implementação da política de consolidação colaborativa.

Lapierre, Ruiz e Soriano (2004) apresentaram um novo modelo, com o objetivo de resolver o problema de redes de distribuição com pontos de transbordo. Os autores consideraram 4 diferentes opções de modalidades de transporte: LTL, TL, frota própria e encomendas (*parcel shipment*), diferenciadas por suas precificações. Outro diferencial é a consideração simultânea dos atributos de peso e volume de carga no modelo. O problema consiste em determinar a quantidade e o local dos pontos de transbordo, o tipo de transporte utilizado em cada rota, além de especificar quais carregamentos devem ser consolidados. O problema foi resolvido utilizando uma heurística, que combina duas metaheurísticas, busca tabu e busca ampla em vizinhança. Os resultados de pequenas instâncias foram comparados com o ótimo, encontrado por meio de uma abordagem exata. O algoritmo proposto apresentou bons resultados para pequenas instâncias, além de ser capaz de resolver instâncias de larga escala em tempo computacional aceitável. Nas instâncias com 40 terminais e 6 *hubs*, em média, levou-se 2048s para resolver, com *gap* médio de 10,25%.

Cunha e Silva (2007) fizeram um trabalho com aplicação no Brasil, focado na configuração das redes *hub-and-spoke* para empresas que prestam serviço de transporte LTL. Foi proposto determinar o número de *hubs* ideal para a rede, assim como suas localizações e designações para cada *spoke*. O objetivo foi minimizar o custo total do transporte na rede, visto que parte dos custos são fixos e parte variável. Vale ressaltar que a formulação proposta possibilita diferentes reduções no custo do transporte consolidado entre *hubs*, dependendo da escala da carga, assemelhando a realidade. O problema foi resolvido utilizando um algoritmo genético híbrido, também chamado de algoritmo memético. Este consiste em um algoritmo genético que incorpora uma heurística de melhoria por busca local em cada indivíduo da geração formada. A heurística proposta mostrou-se eficaz na resolução das instâncias de teste, assim como em resolver um problema real em uma das maiores transportadoras brasileiras, onde a redução de custo foi considerada relevante, estando acima de 20% em todos os testes.

Çetinkaya, Tekin e Lee (2008) realizaram um estudo que surge do VMI (*Vendor-Managed-Inventory*), que consiste em um problema integrado de reabastecimento de estoque e agendamento de remessa de saída. Neste modelo o fornecedor é autorizado a administrar o estoque de revendedores (clientes, distribuidores, varejistas), tomando decisões de quando e quanto reabastecer os mesmos. Como resultado, o fornecedor tem autonomia para reter e consolidar pedidos até que uma quantidade econômica acumule. Neste artigo foi estudado o caso em que um fornecedor abastece um revendedor, com apenas um tipo de item e demanda estocástica, com sequência de pedidos e quantidades aleatórios. Os autores investigaram o impacto da consolidação no custo médio a longo prazo. Foi proposto um modelo de aproximação, o qual foi resolvido numericamente, utilizando um algoritmo de busca exaustiva. Os resultados dos testes numéricos sugerem uma economia de custos significativa com a consolidação de remessas, que pode chegar em até 57%.

No trabalho de Song, Hsu e Cheung (2008) foi estudado o problema enfrentado por uma empresa 3PL, que coordena carregamentos de vários fornecedores para vários clientes, tendo apenas um centro de consolidação, múltiplos tipos de transporte e atuação em dois elos. No primeiro elo, carregamentos do mesmo fornecedor são consolidados e transportados ao centro de consolidação, local onde estes carregamentos são então desconsolidados. No segundo elo, são consolidados

e transportados carregamentos com entrega em um mesmo cliente. Cabe a empresa 3PL definir os momentos de entrega, coleta e opções do transporte. O problema foi formulado como um modelo de programação não linear inteira, para solucioná-lo, foi desenvolvida uma heurística lagrangeana dual. Foi concluído que o dual pode ser resolvido com otimalidade como um problema linear, permitindo reduzir o tempo computacional do cálculo do limite inferior da função objetivo. Este algoritmo resulta em soluções com um *gap* médio de 3,24% do ótimo.

Üster e Agrahari, (2010) resolveram o problema do planejamento de entregas de carga. A principal característica que diferencia este trabalho é o fato de os autores utilizarem dois tipos de *hubs*, um de consolidação e outro de desconsolidação. A carga originada de um ponto possui duas opções: Entrega direta (utilizando o transporte TL) ou entrega em três estágios. Nesta segunda opção, inicialmente a carga é transportada para um *hub* de consolidação, onde é consolidada a outras. Em seguida este conjunto consolidado é transportado para outro terminal, de desconsolidação. Deste último local, cada carga é transportada diretamente ao destino final. Este tipo de entrega utiliza o transporte LTL em todos os estágios. Os autores propuseram uma formulação de programação binária inteira para o problema, o qual foi resolvida utilizando diferentes propostas. Foram desenvolvidas duas heurísticas, uma probabilística e outra determinística, e um algoritmo de busca tabu. Para uma busca eficiente do espaço de soluções viáveis, foram realizadas quatro diferentes funções de vizinhança composta e uma estratégia de *branch*. Os resultados demonstraram que os algoritmos propostos possibilitaram solucionar diferentes níveis de instâncias, desde pequenas até de larga escala, com diversos clientes e localizações diferentes. O algoritmo de busca tabu com *branch* completo (TScb) resultou nas melhores soluções, porém, com alto custo computacional. Já o algoritmo que inclui melhoria probabilística, obteve bons resultados em tempo computacional considerado aceitável.

Erera *et al.* (2013) resolveram o problema de plano de carga, ou plano de consolidação de frete. Este problema tem como objetivo determinar as rotas a serem realizadas pelos carregamentos, por meio de uma rede com terminais de consolidação. Foram utilizados dados de uma grande transportadora dos EUA. O problema foi formulado utilizando um modelo de Programação Inteira (apresentado a seguir), de fluxo com múltiplos comódites, em uma rede de espaço-tempo em que os comódites representam demandas com origem e destino. A metodologia de resolução

utiliza uma combinação de abordagem exata com uma heurística. É realizada uma busca local em uma vizinhança que contém todas as soluções factíveis de um problema menor (fixar um destino, por exemplo) de programação inteira. A busca determina modelos a serem solucionados, com o objetivo de aprimorar a solução existente. Os resultados mostraram que o design do plano de carga proposto gera redução dos custos semanais, atingindo uma média de 4% para transportadoras nacionais (EUA). Também foi observado que este valor é alterado caso o volume dos fretes diários seja previsível, elevando a média para 6,5%.

O modelo utilizado neste trabalho foi inspirado no proposto por Erera *et al.* (2013) e Lindsey, Erera e Savelsbergh (2016). A seguir o modelo proposto por estes autores é apresentado, assim como seus índices, parâmetros e variáveis de decisão. Vale ressaltar que este modelo utiliza uma rede no espaço-tempo com horizonte de planejamento de 1 semana.

Os índices utilizados são os seguintes:

- $u$  = Terminais da rede.  $u \in U$ .
- $d$  = Terminais de destino.  $d \in U$ .
- $l$  = *Directs*, trechos que conectam os terminais.  $l \in L$ .
- $n$  = Nós, um terminal em um instante de tempo.  $n \in N$ .
- $a$  = Arcos, *directs* que ocorrem em um instante de tempo, representam possíveis despachos.  $a \in A$ .
- $k$  = Comódites, demandas com origem e destino.  $k \in K$ .
- $p$  = Caminhos, sequência de arcos no espaço-tempo.  $p \in P$ .

As variáveis de decisão são:

- $x_p^k = 1$  se o comódite  $k$  utiliza o caminho  $p$ .
- $y_l^d = 1$  se o *direct*  $l \in \Delta^+(u)$  é utilizado por todos os comódites destinados ao terminal  $d$ , que passam pelo terminal  $u$ .
- $\tau_a$  = número de veículos (carregados ou vazios) que passam pelo arco  $a$ .

As variáveis  $x_p^k$  e  $y_l^d$  assumem valor 0, caso contrário. Os parâmetros do modelo são:

- $C_a$  = Custo de transporte por veículo para o arco  $a$ .
- $h_p$  = Custo total de manuseio por unidade de peso para o caminho  $p$ , ou seja, a soma dos custos de manuseio de todos os terminais intermediários visitados pelo caminho  $p$ .

- $w_k$  = Peso do comódiite  $k$ .
- $q_k$  = Tamanho do comódiite  $k$  medido em fração de veículo. Deve ser maior que 0 e menor que 1.
- $\Delta^+(u)$  = *Outbound direct*, saída direta do terminal  $u$ .
- $\delta^+(n)$  = Arco de saída do nó  $n$ .
- $\delta^-(n)$  = Arco de chegada para o nó  $n$ .

Modelo matemático:

$$\text{Min } Z = \left\{ \sum_{a \in A} C_a \tau_a + \sum_{k \in K} \sum_{p \in P(k)} h_p w_k x_p^k \right\}$$

S. a

$$\sum_{p \in P(k)} x_p^k = 1 \quad \forall k \in K, \quad (1)$$

$$\sum_{l \in \Delta^+(u)} y_l^d \leq 1 \quad \forall u \in U, \quad \forall d \in U, \quad (2)$$

$$\sum_{p \in P(k): a \in p} x_p^k \leq y_{l(a)}^{d(k)} \quad \forall k \in K, \quad \forall a \in A, \quad (3)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{p \in P(k): a \in p} q_k x_p^k \leq \tau_a \quad \forall a \in A, \quad (4)$$

$$\sum_{a \in \delta^+(n)} \tau_a - \sum_{a \in \delta^-(n)} \tau_a = 0 \quad \forall n \in N, \quad (5)$$

O objetivo do modelo de Erera *et al.* (2013) é minimizar os custos de transporte e manuseio. As restrições (1) garantem que exatamente um caminho  $p$  seja escolhido para cada comódiite  $k$ . As restrições (2) garantem que uma única saída direta seja selecionada para cada terminal  $u$ , com cargas destinadas a um mesmo terminal  $d$ . As restrições (3) garantem que um caminho  $p$  só possa ser escolhido para uma mercadoria  $k$  quando todos os seus componentes diretos forem escolhidos. As restrições (4) garantem que haja veículos suficientes ao longo de um arco  $a$  para transportar a carga atribuída ao arco, por meio dos caminhos  $p$  escolhidos. As restrições (5) garantem o equilíbrio do fluxo de veículos em cada nó na rede espaço-tempo, assegurando o reposicionamento adequado dos veículos.

Campbell (2013) implementou a consolidação de cargas em *hubs*, com transportadoras que utilizam o sistema de entrega *time-definite*. É um tipo de

encomenda expressa, que realiza entregas em um tempo determinado, por exemplo, entregas feitas até as 10h da manhã do dia seguinte. Foi realizado um modelo de aproximação contínuo para o transporte de muitas origens para muitos destinos. A fim de garantir o tempo de entrega determinado, foi limitada uma distância máxima na rota entre a origem e o destino. Na modelagem é definido que pelo menos um *hub* deve ser visitado por carregamento. Os resultados mostraram que a alocação ótima de *hubs* produz o menor custo com transporte, porém, requer considerável aumento na quantidade de *hubs*, elevando o custo fixo com cada um. Os pesquisadores também utilizaram a estratégia de alocar o menor número de *hubs* necessários, atingindo sub-otimalidade, esta abordagem aumenta o custo com o transporte, porém, diminui o custo fixo com as instalações. Foi observado que a alternativa que resulta no menor custo total varia de acordo com os custos fixos envolvidos.

Mesa-Arango e Ukkusuri (2013) estudaram o mecanismo de leilão combinatório para a redução de custo com o frete. Neste mecanismo o embarcador leiloa carregamentos (carga com origem e destino) e transportadores dão lances para definir quem realiza o transporte. O objetivo do artigo é quantificar os benefícios para as transportadoras em relação à consolidação diretamente nos veículos (sem utilizar instalações). Foi proposta uma formulação para o problema de roteamento de veículos com coleta e entrega um-para-um e múltiplos comódites (m-PDVRP), a fim de encontrar o conjunto de carregamentos a serem oferecidos no leilão, de maneira que a consolidação reduza o custo com os transportes. Um algoritmo *branch-and-price* foi proposto para encontrar a solução do problema, formulado com programação inteira mista. Foi observado que o custo de transportar um conjunto de entregas é sempre igual ou inferior para empresas que utilizam a consolidação nos veículos em comparação a entregas diretas, possibilitando aumento do lucro das transportadoras. Em virtude do menor custo com o transporte, as transportadoras podem realizar lances de menor valor, reduzindo o custo das embarcadoras também.

Nguyen *et al.* (2013) investigaram a viabilidade de estabelecer um centro de consolidação na cidade de Oxnard, California-EUA, tendo em vista a indústria de flores cortadas da Califórnia e o grande volume atrelado a esta região. O estudo foi motivado devido ao crescimento de importação de flores da América Latina, que utiliza um centro de consolidação em Miami. O centro de consolidação possibilita o transporte rodoviário em maior volume e conseqüentemente a negociação de taxas de frete favoráveis. Primeiramente foi feita uma análise dos dados de 20 diferentes

cultivadores, onde foram verificados os custos com cada tipo de transporte (LTL e TL), assim como o volume dos carregamentos. Foi formulado um modelo de programação inteira mista que considera que os pedidos não são consolidados nas origens, apenas no centro de consolidação, o tempo de espera máximo no centro de consolidação é de 1 dia e o centro não possui capacidade máxima. O modelo consiste em um caso especial do problema de fluxo de custo mínimo. Foi aplicado um horizonte de tempo de 1 ano, considerando 6 diferentes cenários, onde foi variado o número de cultivadores a utilizarem o centro de consolidação. O primeiro considera a aplicação apenas para os 20 cultivadores da análise inicial, aumentando o número de cultivadores em cada um dos cenários seguintes, até o sexto, que considera todos os cultivadores da região. Os resultados mostraram que para o primeiro cenário, haveria uma redução anual média de custos com transporte de 30% para cada cultivador, este número chega a 35% para o sexto cenário, representando uma redução de \$20 milhões anuais.

Louwerse *et al.* (2014) abordaram o problema de planejamento de todos os movimentos em uma rede de entregas expressa. Os autores definiram um movimento como o transporte de cargas entre qualquer local pertencente a rede (depósitos e *hubs*). O objetivo é de reduzir o custo do transporte, de maneira que o tempo estipulado para as entregas seja respeitado. São utilizados múltiplos tipos de veículos, com múltiplas origens e destinos. Também foram impostas restrições de chegadas/partidas nos depósitos, garantindo que o novo modelo possa ser implementado a curto prazo e sem extrapolar a capacidade de manuseio de cada depósito. A fim de reduzir a complexidade do problema, ele foi dividido em duas etapas. Primeiramente é usado um algoritmo de geração de colunas, a fim de resolver a programação dos movimentos entre depósitos e *hubs*. Em seguida é utilizado um algoritmo de busca local para resolver os movimentos entre *hubs*. Os resultados foram obtidos utilizando três diferentes instâncias e mostraram que o algoritmo proposto é capaz de reduzir o custo total com o transporte em 3,4%, 12,9% e 18,6% em cada uma das três instâncias.

Qin *et al.* (2014) estudaram a consolidação de cargas no modal marítimo e terrestre. Especificamente, o problema enfrentado por um operador 3PL, com depósito localizado na cidade de Shanghai, China. No depósito são recebidos tecidos têxteis de diferentes fornecedores chineses, utilizando o transporte rodoviário de cargas. Estes tecidos são consolidados em contêineres e despachados utilizando rotas marítimas



para diferentes portos nos EUA. A partir dos portos, é utilizado o transporte de encomendas (*parcel shipping*), enviando as mercadorias para lojas e revendedoras pelo país. O objetivo dos autores foi de minimizar o custo total entre o transporte marítimo e as entregas por encomenda, definindo a alocação das mercadorias em cada rota. O cenário consiste em um *hub* de origem, localizado na China, e diversos *hubs* de distribuição, nos EUA. Para resolver o problema, os autores consideram que o primeiro elo da entrega, com destino ao *hub* de origem, possui preço fixo. O problema foi modelado com uma formulação de programação inteira mista e foi resolvido utilizando uma heurística. Foi proposto um algoritmo memético, que combina operações do algoritmo genético com busca local e uma heurística para o problema do *bin packing* com tamanho variável. A eficácia do algoritmo foi validada utilizando diversas instâncias. Os resultados mostraram que o algoritmo proposto apresentou resultados com melhor qualidade de solução e menor tempo computacional quando comparado ao CPLEX, principalmente com instâncias de larga escala, alcançando mais de 7% de melhoria.

Estrada-Romeu e Robusté (2015) realizaram um estudo que analisa a eficácia de utilizar as estratégias de *stopover* e *hub-and-spoke* em transportadoras que utilizam o transporte LTL. O objetivo é avaliar quando a implementação destas estratégias de consolidação pode reduzir o custo total com o transporte. A resposta foi obtida resolvendo o problema de design do roteamento de longa distância (LRDP). Neste, o par origem-destino possui um tempo específico de entrega e centros de distribuição pertencentes a rede podem ser adicionados a rota, de maneira a reduzir o custo com o transporte. Existem três diferentes estratégias para atender cada par: entrega direta, *stopover* ou *hub-and-spoke*. O problema foi dividido em duas fases. Primeiramente é encontrada uma solução inicial designando os carregamentos de acordo com a proximidade e custo. Em seguida é feito um aprimoramento desta solução, utilizando uma heurística de busca tabu. Foi observado que a metodologia proposta pode reduzir os custos em cerca de 20%, em comparação à heurísticas anteriormente propostas, onde é considerado apenas o critério de custo.

Harks *et al.* (2016) estudaram a otimização a nível tático do processo de planejamento logístico do transporte. Os autores propuseram um novo modelo matemático, capaz de resolver as principais tarefas a nível tático de maneira integrada, incluindo tarifas de transporte realistas e o balanceamento entre custo de estoque e economias de escala no transporte. O problema foi formulado como um

problema de design de rede capacitada. Foi solucionado utilizando procedimentos de busca local, refazendo múltiplas rotas de uma vez, a fim de reduzir o custo. As soluções iniciais são geradas utilizando heurísticas de caminho mais curto e técnicas de programação linear. Os resultados demonstraram soluções com *gap* abaixo de 10% em relação ao ótimo, oferecendo uma troca flexível entre qualidade da solução, custo operacional e tempo computacional.

Lindsey, Erera e Savelsbergh (2016) realizaram uma melhoria em relação a Erera *et al.* (2013). Foi abordado o mesmo problema e utilizado o mesmo modelo matemático, havendo um aprimoramento na heurística de resolução. A principal diferença é a vizinhança utilizada. Erera *et al.* (2013) utilizaram uma vizinhança que considera apenas carregamentos com o mesmo destino, levando em conta toda a rede. A nova vizinhança leva em conta apenas uma pequena parcela da rede, porém, considera carregamentos em todos os destinos. A abordagem utiliza duas buscas locais de vizinhanças. A primeira tenta adicionar volume de carga para um carregamento (rota entre uma origem e destino), aumentando a ocupação do veículo. A segunda realiza o oposto, retira volume de carga de carregamentos, diminuindo o número de carregamentos, ou seja, reduzindo o número de veículos utilizados. Em ambos os trabalhos foram utilizadas as mesmas instâncias, analisando os resultados com execução do algoritmo por 1 e 6 horas. O novo método de resolução apresentou resultados com custos inferiores, em média de 6% a 7% para todas as instâncias. Em alguns casos, foi superior inclusive quando comparada a mesma instância, com 1 hora de resolução, em relação a 6 horas do antigo método.

Zhou e Lin (2018) abordaram o problema de entrega sob demanda no mesmo dia (ODSD), que consiste em um problema de compartilhamento de relays. Os autores utilizaram relays para facilitar entregas que devem ser realizadas em um dia e que, no geral, ocorre em três fases: um veículo busca as encomendas, leva ao centro de distribuição e, então, posteriormente uma entrega é organizada. Segundo os autores, o gargalo em entregas de curto prazo é o depósito intermediário onde são organizadas as entregas. Para Zhou e Lin (2018), uma possível solução é realizar entregas diretas, sem o depósito intermediário, porém isso necessitaria um investimento muito alto na frota de veículos, funcionários e custo com as entregas. A solução então seria implementar pontos de relay de forma que diferentes transportadoras pudessem colaborar entre si, realizando o transbordo do veículo de uma transportadora para outra (P2PT), aumentando o raio de entregas de cada transportadora e a taxa de

utilização e ocupação de cada veículo. Os resultados mostraram que o P2PT tende a formar viagens com duração mais longa que a entrega direta, porém, é possível realizar as entregas sem aumentar a frota de veículos e aumentar a mão de obra e, ainda, respeitando a restrição de um dia de entrega. À medida que a economia de escala aumenta, as vantagens do P2PT tornam-se cada vez mais relevantes.

Crainic *et al.* (2018) propuseram um novo modelo de planejamento de rede para transportadoras. O modelo é dividido em duas camadas, onde são integradas decisões estratégicas com decisões táticas. As decisões estratégicas consistem na alocação e aquisição de recursos envolvidos ou necessários para o transporte. As decisões táticas representam o design da rede de serviços, juntamente com o gerenciamento de recursos utilizados para executar serviços. Este é o primeiro modelo de otimização, no melhor de nosso conhecimento, que possibilita que as transportadoras de consolidação determinem o tamanho, a combinação e a alocação de sua frota com clareza do impacto dessas decisões nos custos do transporte. Para solucionar o modelo, foi utilizada uma matheurística que combina técnicas de diferentes algoritmos. É empregada a geração de colunas, *dynamic slope scaling procedure* (DSSP), procedimentos de diversificação e intensificação, além de otimização exata. Foi demonstrado que o algoritmo proposto apresentou resultados superiores em relação a um *solver* comercial de programação inteira mista e outra heurística da literatura.

Dahlberg, Engevall e Göthe-Lundgren (2018) realizaram um trabalho focado na consolidação de bens, de maneira colaborativa, entre empresas de transporte urbano, reduzindo o custo com o transporte e consequentemente diminuindo o trânsito em cidades de médio porte. Para possibilitar os objetivos, o município influi de maneira fundamental para o sistema, o modelo considera que o município está disposto a arcar com alguns custos, tendo em vista a diminuição do trânsito. Os bens são transportados até um centro de distribuição municipal (CDC), localizado próximo ao centro da cidade, onde são consolidados e despachados para seus destinos. A partir do CDC, o custo de distribuição é dividido entre as empresas que o utilizam e o município e, antes deste ponto, há competição. Para formular o problema, foi utilizada uma abordagem cooperativa da teoria dos jogos. As rotas de distribuição são definidas resolvendo o VRP (*Vehicle Routing Problem*), utilizando o *solver* do Gurobi. Os resultados mostraram que, para atingir uma colaboração estável e benéfica para os

transportadores, o papel do município pode ser decisivo, sem necessariamente contribuir para cobrir os custos.

Ke e Bookbinder (2018) combinaram a ideia de consolidação de cargas com as decisões de estoque e a determinação de políticas de descontos. Foi realizada uma abordagem de programação em três níveis, a fim de aprimorar a performance da cadeia de suprimentos, reduzindo o custo de cada um dos níveis (comprador, transportador e fornecedor). Foram analisados dois diferentes cenários, uma cadeia de suprimentos centralizada e descentralizada. Para resolver o problema descentralizado, foi proposta uma heurística que pode ser utilizada por cada nível da cadeia de suprimentos, para estabelecer seu esquema de descontos. Para o problema centralizado, os descontos são estabelecidos em conjunto. Os resultados mostraram uma diferença drástica no desempenho (redução de custos) dos dois diferentes esquemas propostos. Alternar do esquema descentralizado para centralizado, melhora em 2,5 vezes antes de implementar os descontos e 1,5 vezes após os descontos. Apesar de inferior ao centralizado, o cenário descentralizado também proporcionou melhorias na cadeia de suprimentos, cerca de 13% para o comprador, 22% para o fornecedor e 81% para o transportador.

Hanbazazah *et al.* (2019) estudaram o problema de consolidação de cargas, para um fornecedor 3PL, que transporta produtos de vários fornecedores para um único cliente, em um horizonte de tempo com múltiplos períodos. Cada carregamento possui uma data de coleta e uma janela de tempo de entrega, que é realizada em dois elos. No primeiro o carregamento é coletado e levado para pontos intermediários, onde pode ocorrer consolidação entre diferentes cargas. No segundo elo, as cargas já consolidadas são encaminhadas para seu destino. O modelo proposto tem objetivo de minimizar o custo total do transporte de carga, com origem em múltiplos fornecedores e destino a um único cliente, por meio de vários pontos de consolidação. O artigo propõe dois diferentes métodos de resolução, um novo modelo PLIM e um algoritmo exato, que é acelerado por meio de três fases: relaxação da carga do contêiner; decomposição temporal; e geração de cortes válidos. O primeiro método mostrou-se capaz de resolver instâncias pequenas e médias, porém, não possibilita a resolução de problemas grandes. Esta, por sua vez, é a característica atingida no segundo método, que foi validado com um caso real, com um horizonte de tempo de 1 ano, com mais de 700 carregamentos e partindo de centenas de origens diferentes.

Hewitt (2019) adaptou e aprimorou o método de descoberta dinâmica de discretização (DDD) e o utilizou para resolver o problema de design do plano de carregamentos de carga com tempo contínuo (CTLPDP). O problema proposto neste trabalho, foi estudado pela primeira vez por Hewitt (2019). O trabalho tem como objetivo planejar as rotas de transportadoras LTL, que utilizam uma rede de terminais para consolidar cargas, com o diferencial de discretização contínua do tempo (*complete time-expanded network*). O método consiste em uma heurística que resolve repetitivamente um programa inteiro com expansão parcial do tempo. As soluções deste programa são analisadas para verificar a possibilidade de convertê-las a uma solução ótima do problema com expansão completa do tempo. Caso não seja possível a conversão, são analisados os refinamentos necessários para possibilitar atender às restrições. Os resultados computacionais demonstraram que a heurística é capaz de solucionar instâncias da literatura, com resultados quase ótimos em apenas poucos minutos. O método também demonstrou eficácia na solução de dados provenientes de uma transportadora que atua nos EUA.

## 2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A LITERATURA

Neste capítulo são identificadas as principais similaridades dos trabalhos correlatos citados com este estudo, especificamente, há interesse em definir as características e especificidades do problema abordado.

De maneira similar a Louwerse et al. (2014), este trabalho busca resolver o problema de planejamento tático de todas as rotas a serem realizadas pelos carregamentos, por meio de uma rede com terminais de consolidação, com múltiplas origens e múltiplos destinos, com o objetivo de reduzir o custo do transporte, respeitando o tempo estipulado para as entregas.

Assim como Lapierre, Ruiz e Soriano (2004) que utilizam uma rede híbrida (são permitidas entregas diretas das origens aos destinos) e consideram 4 diferentes categorias de transporte, LTL, TL, frota própria e encomendas, este trabalho também possui este tipo de rede e utiliza múltiplas categorias de transportes, com a diferença de não utilizar a categoria de encomendas. Cada categoria possui diferentes custos de operação.

O modelo utilizado por Erera et al. (2013) e Lindsey, Erera e Savelsbergh (2016) serviu como base para o proposto neste trabalho, apesar de os autores

utilizarem apenas a categoria de frota própria, as restrições e a função objetivo são similares.

Apesar de haver similaridades com estes trabalhos, nenhum destes realizou a programação em nuvem, sendo este o maior diferencial deste trabalho em relação à literatura existente. Em resumo, objetivou-se resolver o problema de consolidação de carga, com o planejamento tático de todos os movimentos, por meio de uma rede híbrida, com múltiplas instalações intermediárias para consolidação, considerando 3 modalidades de transporte (LTL, TL e frota própria). O modelo visa minimizar o custo total do transporte das cargas, com múltiplas origens, múltiplos destinos, veículos homogêneos, apenas um tipo de comódite, restrições de capacidade dos veículos, restrições de limite de tempo de entrega, além de respeitar as demais restrições básicas do modelo.

### 3 METODOLOGIA

Como uma das etapas do planejamento, a metodologia consiste em um conjunto detalhado e sequencial de métodos e técnicas científicas realizados ao longo da pesquisa. Devem ser atingidos os objetivos inicialmente propostos na pesquisa e os critérios metodológicos de maior eficácia, maior rapidez, maior confiabilidade de informação e menor custo (BARRETO; HONORATO, 1998).

Neste capítulo apresenta-se uma proposta de abordagem para o problema de consolidação de cargas. O capítulo está dividido em quatro subseções, primeiramente é feita a descrição do problema, seguido pelas etapas metodológicas e o modelo matemático, e por fim, o fechamento do capítulo com observações a respeito da otimização 4.0.

#### 3.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Primeiramente é necessário considerar a situação de uma empresa transportadora, um operador logístico ou uma empresa embarcadora, que possui (ou não) uma determinada quantidade de veículos em sua frota. Esta empresa também deve possuir acesso a centros de distribuição (CDs), ou terminais, onde seja possível armazenar cargas, e carregar e descarregar estas cargas em veículos. Em uma situação real, estas empresas possuem uma série de demandas, ou seja, uma carga que deve ser transportada de um determinado local de coleta até um determinado local de entrega. Nesta dissertação, o problema é abordado, no transporte, a partir do momento em que a carga chega ao terminal mais próximo do local de coleta até o terminal mais próximo do local de entrega.

A categoria de transporte a qual a carga é transportada depende de cada empresa, podendo optar por transportar com veículos próprios ou terceirizados (LTL e TL). Algumas empresas utilizam apenas frota própria, outras apenas veículos terceirizados, porém, estes cenários fogem do ideal, onde não se aproveita todas as possibilidades de transporte. Em alguns casos, o custo pode ser mais vantajoso para a terceirização e, em outros, para a frota própria. O cenário deste problema, considera que a empresa possa utilizar tanto sua frota própria, quanto as terceirizações LTL e TL.

Tendo em vista a possibilidade de dividir o percurso de cada demanda em trechos, pode-se utilizar diferentes veículos e categorias em cada um destes trechos. Por exemplo, considerando uma transportadora que possui CDs em Curitiba, São Paulo e Rio de Janeiro e uma demanda, cuja origem é o CD de Curitiba e o destino o CD do Rio de Janeiro. Esta demanda pode ter um percurso com dois trechos, o primeiro trecho Curitiba – São Paulo e o segundo trecho São Paulo – Rio de Janeiro.

O objetivo principal é planejar a sequência de trechos percorridos por cada demanda. Para isso, são realizadas diversas consolidações entre as cargas das demandas, além de decisões de qual a melhor categoria de transporte (frota própria, LTL, TL) para cada trecho do percurso. Cada trecho deve respeitar os horários de disponibilidade da demanda e cada demanda possui um horário de coleta e de entrega.

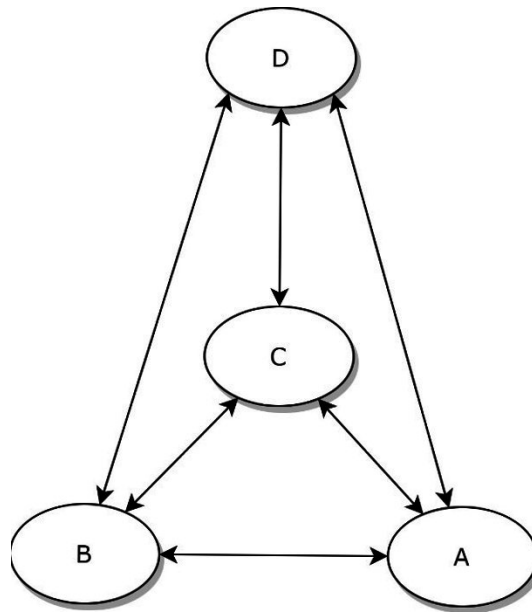
Como exemplo para o problema abordado neste trabalho, considerando uma determinada embarcadora fictícia que possui 4 CDs (A, B, C e D) e um veículo próprio. Suponha que esta embarcadora possui 2 demandas (X e Y), e no momento do planejamento das rotas, o veículo próprio da transportadora encontra-se em B. As características das demandas estão descritas a seguir:

- Demanda X:
  - CD de origem: A;
  - Horário de coleta: 01/01/2021 20h;
  - CD de destino: D;
  - Horário de entrega: 02/01/2021 12h;
  - Tamanho: 2 paletes.
- Demanda Y:
  - CD de origem: B;
  - Horário de coleta: 01/01/2021 16h;
  - CD de destino: D;
  - Horário de entrega: 02/01/2021 12h;
  - Tamanho: 25 paletes.

A FIGURA 1 representa o grafo desta rede, onde é possível verificar todos os CDs da embarcadora, assim como os possíveis trechos entre estes.



FIGURA 1 – GRAFO DOS CDS DA EMBARCADORA



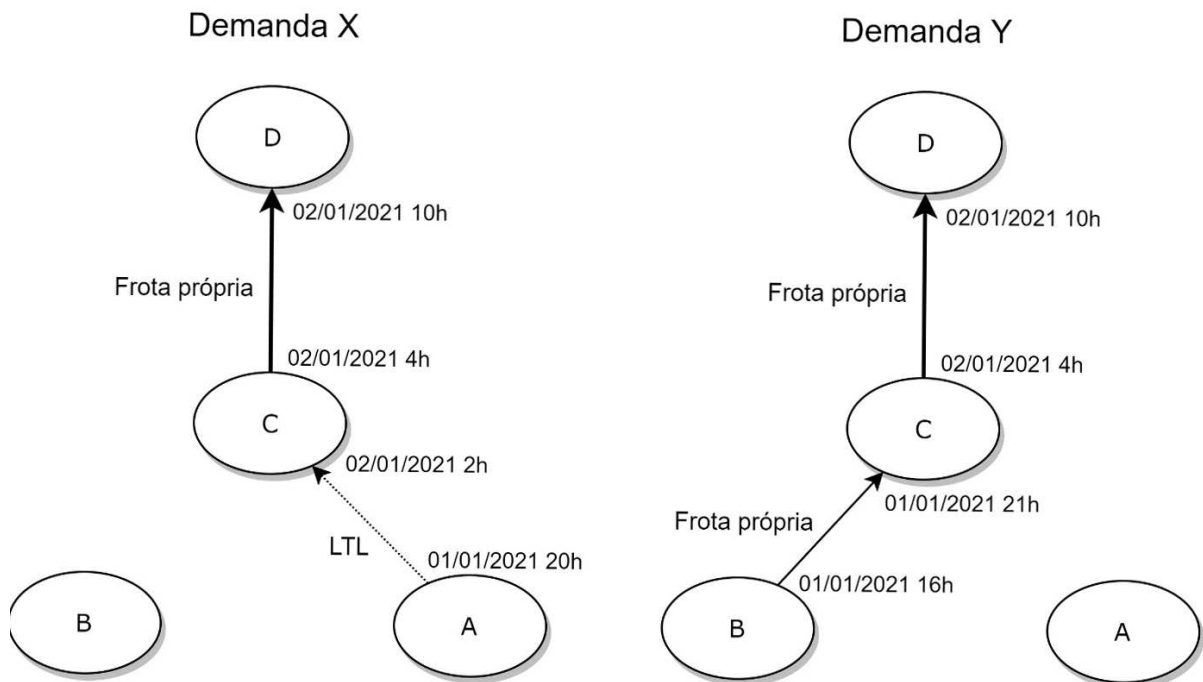
FONTE: O autor (2021)

O resultado do planejamento após a otimização é o seguinte:

- Demanda X: A carga parte do CD A às 20h do dia 01/01/2021, por meio de um veículo terceirizado, categoria LTL, e chega ao CD C às 2h do dia 02/02/2021. Em C, a carga da demanda X é consolidada com a carga da demanda Y. Ambas partem de C às 4h do dia 02/01/2021, utilizando o veículo de frota própria, e chegam às 10h em D.
- Demanda Y: A carga parte do CD B às 16h do dia 01/01/2021, utilizando o veículo de frota própria da embarcadora, e chega ao CD C às 21h do mesmo dia. A carga é mantida em C até às 2h do dia 02/01/2021, momento em que a carga desta demanda é consolidada com a carga da demanda X. Após a consolidação, ambas partem do CD C, utilizando o veículo de frota própria, e chegam às 10h em D.

A FIGURA 2 apresenta o resultado da otimização do planejamento, onde é possível verificar, os trechos percorridos pela carga de cada uma das demandas, com a demanda X à esquerda e a demanda Y à direita. Na figura, a linha pontilhada corresponde ao transporte LTL sem consolidação, a linha contínua fina corresponde ao transporte de frota própria sem consolidação e a linha contínua grossa corresponde ao transporte de frota própria com consolidação.

FIGURA 2 – RESULTADO DA OTIMIZAÇÃO DO EXEMPLO



FONTE: O autor (2021)

Visa-se encontrar resultados para problemas como este, porém, de maior escala, com características similares ao exemplo apresentado acima.

### 3.2 ETAPAS METODOLÓGICAS

As etapas do estudo proposto consistem em todos os passos seguidos para a execução metodológica deste trabalho. Estas etapas estão listadas e ordenadas na FIGURA 3. Nesta seção apresenta-se uma explicação sobre cada etapa.

FIGURA 3 – ETAPAS METODOLÓGICAS



FONTE: O autor (2020)

### 3.2.1 Coleta de dados

Primeiramente, foi coletado todo tipo de dado considerado de interesse para o trabalho. Esta etapa consiste na obtenção de exemplos que sirvam de inspiração

para as instâncias utilizadas nos testes da metodologia proposta. Foram analisados dois tipos de exemplos:

- O exemplo resolvido por Louwerse et al. (2014), do *Global Optimisation Game (GO-Game)*, disponível on-line em (<http://www.tnt-ortec-game.nl>).
- Exemplos de casos reais, retirados de uma empresa parceira (com fins de sigilo comercial, será resguardado o nome da empresa).

Esta análise serviu para determinar os parâmetros de entrada e saída da abordagem proposta, assim como as características das instâncias desejadas.

### 3.2.2 Formulação e validação do modelo PLIM

O modelo utilizado neste trabalho foi inspirado em Lapierre, Ruiz e Soriano (2004), Erera et al. (2013) e Lindsey, Erera e Savelsbergh (2016). A estrutura principal do modelo foi baseada no modelo proposto por Erera et al. (2013) e Lindsey, Erera e Savelsbergh (2016). O modelo proposto segue a linha de otimização por caminhos, ou seja, a tomada de decisão é baseada na escolha de um caminho para cada demanda.

Foram realizadas alterações no modelo em relação aos modelos citados da literatura. Por exemplo, a adição de custos fixos e variáveis no transporte de carga e o controle de limite de veículos de frota própria. Estas adições permitem saber, a cada instante de tempo, a localização dos veículos e quando é possível utilizá-los, ou seja, em que momento estão disponíveis no terminal de origem da rota. Além disso, o modelo foi adaptado para considerar diferentes modalidades do transporte (LTL, TL e frota própria), de maneira similar a Lapierre, Ruiz e Soriano (2004), e para isso, foi necessário adicionar variáveis e restrições, de maneira a tornar o modelo factível. A busca dessa viabilidade teve como principal dificuldade o controle do limite de veículos de frota própria, respeitando a quantidade e localização dos veículos próprios da empresa.

O modelo foi utilizado como requisito parcial para resolução do problema por meio da abordagem matheurística. Este modelo matemático PLIM, foi traduzido para um código de programação na linguagem C#, que vem a formar, juntamente com a heurística, a *Web API*.

Foram criadas instâncias, a fim de validar o modelo proposto. As instâncias foram geradas manualmente, sendo inspiradas por casos reais e pela instância do

*GO-Game*. Estas instâncias possuem tamanho reduzido, a fim de validar o modelo proposto sem que houvesse alto custo computacional.

### 3.2.3 Formulação heurística e validação matheurística

Como consequência de o modelo matemático otimizar caminhos para cada demanda, antes de iniciar o modelo, é necessário gerar uma série de possíveis caminhos, para que a otimização seja feita. Esta etapa é atingida por meio de uma heurística, que é resolvida de acordo com os passos descritos abaixo.

- Para cada demanda:
- Passo 1: Gerar uma sequência aleatória de terminais, com no máximo 3 paradas intermediárias (totalizando 5 terminais), com o primeiro terminal sendo obrigatoriamente a origem da demanda, e o último, o destino.
- Passo 2: Verificar qual a primeira vez que se chega no terminal de destino, eliminando os terminais subsequentes a este, caso existam.
- Passo 3: Verificar se o caminho gerado é válido, ou seja, se um terminal não é visitado mais de uma vez, com exceção a terminais subsequentes (o que significa manter a carga no terminal durante um período).
- Passo 4: Caso o caminho seja inválido, eliminar este e retornar ao Passo 1. Caso seja válido seguir ao Passo 5.
- Passo 5: Definir o período de tempo em que ocorre a visita a cada terminal:
  - Para terminais iniciais (início do caminho): Instante de tempo equivalente ao horário de coleta da demanda;
  - Para terminais subsequentes (cargas mantidas no mesmo terminal): Instante de tempo do terminal anterior, somado a um número aleatório entre 1 e 4 períodos de tempo (4 a 16 horas, para parametrização de 4 horas equivalendo a 1 período de tempo);
  - Para terminais distintos ao anterior (trechos): Instante de tempo do terminal anterior, somado ao tempo de duração da rota entre os terminais. O resultado sempre é arredondado para cima, esta margem de arredondamento é o tempo estimado para o carregamento e descarregamento da carga.
- Passo 6: Definir penalização por atraso:

- Caso o horário de chegada ocorra mais de 24h após o horário de entrega da demanda, o caminho é removido e a heurística retorna ao Passo 1. Este é um parâmetro de limite máximo de atraso.
- Caso o horário de chegada seja maior que o previsto pela demanda, porém, menor que 24h, é aplicada uma penalização ao caminho.
- Passo 7: Repetir 1 a 6, até atingir pelo menos 200 caminhos válidos para cada demanda.
- Passo 8: Remover caminhos duplicados.

A modelagem matheurística proposta, que consiste na união da heurística e o modelo matemático, é solucionada utilizando o *solver* de otimização Gurobi Optimizer (<https://www.gurobi.com/products/gurobi-optimizer/>). Este *solver* foi escolhido por se tratar de um dos *solvers* de larga escala mais utilizados academicamente e no mercado, sendo conhecido por entregar grande eficiência e robustez. Neste momento, a validação da matheurística é, no geral, o valor ótimo de cada instância. A partir do momento em que os resultados são validados, é possível seguir para o passo seguinte, caso contrário, correções são realizadas.

### 3.2.4 Programação em OutSystems e testes computacionais

A interface do programa relacionado a este trabalho é construída, assim como toda a lógica de comunicação entre a plataforma OutSystems e a API. O capítulo 5 expõe a interface *Web* proposta e a seção 3.4 explica como foi realizada a integração.

Para os testes computacionais, foram geradas instâncias tendo como base o padrão das instâncias pequenas. Foi realizado um aumento aleatório (ou pseudoaleatório) gradual do número de demandas, centros de distribuição e variações na quantidade de veículos de frota própria disponíveis, de maneira que possam ser identificados os limites de operação das soluções propostas.

Estas instâncias foram resolvidas diretamente pela aplicação *Web*, desenvolvida em OutSystems. Para realizar esta etapa foi necessário integrar a *Web* API desenvolvida, com a plataforma de programação em nuvem, OutSystems, integração a qual é descrita em 3.4. Os resultados destas instâncias estão expostos no capítulo seguinte.

### 3.3 MODELO MATEMÁTICO

O modelo proposto, inspirado no modelo utilizado por Erera et al. (2013) e Lindsey, Erera e Savelsbergh (2016), nos quais utiliza-se apenas a categoria de frota própria, possui as restrições e a função objetivo similares às referências da literatura. A utilização de diferentes categorias de transporte foi inspirada em Lapierre, Ruiz e Soriano (2004), que consideram 4 diferentes categorias de transporte, LTL, TL, frota própria e encomendas, sendo o último não utilizado neste trabalho.

O objetivo do modelo é minimizar o custo total do transporte de carga, utilizando veículos homogêneos e apenas um tipo de comódite, medido em quantidade de paletes. De forma prática, os itens transportados podem ser diferentes, mas como se tem o transporte paletizado de forma concretizada na logística, uma vez paletizado, considera-se como sendo um único comódite. O resultado do modelo deve determinar:

- Alocação das demandas nos veículos;
- Consolidações das cargas;
- Contratações de veículos terceiros (TL e LTL) para suprir o transporte das demandas;
- Movimentos dos veículos de frota própria;
- Data e hora de todos os carregamentos e descarregamentos das cargas das demandas;
- Data e hora de todos os trechos das cargas das demandas.

A formulação parte de um grafo  $G(N, A)$ , onde  $N$  é o conjunto de nós, com um nó equivalente a um terminal em um instante de tempo, e  $A$  é o conjunto de arcos, com um arco equivalente a um trecho em um instante de tempo. Tem-se os seguintes conjuntos:  $U$  é o conjunto de terminais da rede,  $U \subset N$ ;  $P$  é o conjunto de caminhos; e  $K$  é o conjunto de demandas. Desta forma, o tempo (índice  $t$ ) é utilizado implicitamente no modelo, por meio dos conjuntos  $N$  e  $A$ .

Portanto, os índices utilizados no modelo são:

- $u$ : Terminais da rede.  $u \in U$ .
- $d$ : Terminais de destino.  $d \in U$ .
- $n$ : Nós, um terminal em um instante de tempo.  $n \in N$ .  $n(u, t)$ .

- $a$ : Arcos, trechos (conexões de terminais) que ocorrem em um instante de tempo.  
 $a \in A$ .
- $\delta^+(n)$ : Arco de saída do nó  $n$ .  $\delta^+(n) \in A$ .
- $\delta^-(n)$ : Arco de chegada ao nó  $n$ .  $\delta^-(n) \in A$ .
- $k$ : Demandas, cargas a serem transportadas com origem e destino.  $k \in K$ .
- $p$ : Caminhos, sequência de arcos no.  $p \in P$ .
- $v$ : Tipo de veículo.  $v = 0$  ou  $f$ , para frota própria.  
1 ou  $l$ , para LTL.  
2 ou  $t$ , para TL.

Os parâmetros necessários para o modelo proposto são:

- $q_k$ : Tamanho da demanda  $k$  medido em fração de veículo. Deve ser maior que 0 e menor que 1.
- $Cf_{av}$ : Custo fixo do arco  $a$ , utilizando o tipo de transporte  $v$ .
- $Cv_{av}$ : Custo variável do arco  $a$ , utilizando o tipo de transporte  $v$ .
- $Cd_{pk}$ : Custo de penalização da demanda  $k$  utilizando o caminho  $p$ .
- $Nv_{n0}$ : Número de veículos de frota própria disponíveis no nó  $n$  ( $u, 0$ ), no instante de tempo 0.

Com isto, tem-se que as variáveis de decisão são assim definidas:

- $x_{pk}$ : Tem valor 1, caso a demanda  $k$  utilize o caminho  $p$ . Tem valor 0, caso contrário.
- $\tau_{av}$ : Número de veículos do tipo de transporte  $v$  que passam pelo arco  $a$ . Variável contínua.
- $\tau i_{av}$ : Número de veículos do tipo de transporte  $v$  que passam pelo arco  $a$ . Variável inteira.
- $Nv_n$ : Número de veículos de frota própria disponíveis no nó  $n$  ( $u, t$ ).
- $Nv_{n-}$ : Número de veículos de frota própria disponíveis no nó  $n$  ( $u, t - 1$ ).



A função objetivo do modelo é a seguinte:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{v \in V} \sum_{a \in A} C_{f_{av}} \tau_{i_{av}} + \sum_{v \in V} \sum_{a \in A} C_{v_{av}} \tau_{av} + \sum_{k \in K} \sum_{p \in P(k)} x_{pk} C_{d_{pk}} \quad (0)$$

Com objetivo de minimizar a soma dos custos de transporte (custo fixo e variável) de cada tipo de transporte e os custos de penalização por entrega atrasada.

O modelo matemático está sujeito às seguintes restrições:

$$\sum_{p \in P(k)} x_{pk} = 1 \quad \forall k \in K, \quad (1)$$

As restrições em (1) garantem que exatamente um caminho  $p$ , seja escolhido para cada demanda  $k$ .

$$\sum_{k \in K} \sum_{p \in P(k): a \in p} q_k x_{pk} \leq \sum_{v \in V} \tau_{av} \quad \forall a \in A: u_1 \neq u_2, u_1 \in a, u_2 \in a, \quad (2)$$

As restrições em (2) garantem que, para cada arco com terminal de origem diferente do terminal de destino, o somatório do tamanho das demandas, medido em percentual de ocupação de veículos, de cada caminho que passa por este arco, deve ser menor ou igual ao somatório do número de veículos de cada tipo de transporte passando neste arco. É uma restrição de capacidade, que garante que tenham veículos suficientes para transportar a carga atribuída a cada arco.

$$\tau_{av} \leq \tau_{i_{av}} \quad \forall a \in A: u_1 \neq u_2, u_1 \in a, u_2 \in a, \quad \forall v \in V, \quad (3)$$

As restrições em (3) definem que o número inteiro de veículos de cada tipo de transporte, que passam em cada arco, cuja origem difere do destino, deve ser maior ou igual ao número contínuo de veículos, de cada tipo de transporte, que passam neste arco. Esta restrição força que seja utilizado 1 veículo a mais no transporte, a cada 100% de ocupação.

$$Nv_n = Nv_{n0} \quad \forall n \in N, \quad t = 0, \quad (4)$$

As restrições em (4) garantem que o número de veículos de frota própria disponíveis em cada terminal no instante  $t = 0$ , seja igual ao parâmetro  $Nv_{n0}$ , que é o número de veículos de frota própria disponíveis no instante do planejamento, em cada terminal.

$$\sum_{a \in \delta^+(n): u_1 \neq u_2, \quad u_1 \in a, \quad u_2 \in a} \tau i_{avf} \leq Nv_n \quad \forall n \in N, \quad t = 0, \quad (5)$$

As restrições em (5) garantem que para cada nó, no instante  $t = 0$ , o somatório do número de veículos de frota própria que saem de um nó, com destino diferente do nó de saída, seja menor ou igual ao número de veículos de frota própria disponíveis neste nó. Essas restrições garantem equilíbrio de fluxo no instante de tempo inicial ( $t = 0$ ).

$$Nv_n + \sum_{a \in \delta^+(n-)} \tau i_{avf} = Nv_{n-} + \sum_{a \in \delta^-(n)} \tau i_{avf} \quad \forall n \in N, \quad t > 0, \quad u_1 \neq u_2, \quad u_1 \in a, \quad u_2 \in a, \quad (6)$$

As restrições em (6) garantem que para cada nó, com instante de tempo  $t > 0$ , o número de veículos de frota própria disponíveis em um terminal no instante  $t$  ( $Nv_n$ ), somado ao número de veículos de frota própria que saíram deste terminal no instante de tempo  $t - 1$ , deve ser igual ao número de veículos de frota própria disponíveis neste terminal no instante  $t - 1$  ( $Nv_{n-}$ ), somado ao número de veículos de frota própria que chegam neste terminal, no instante de tempo  $t$ . Essas restrições garantem equilíbrio de fluxo após o instante de tempo inicial ( $t > 0$ ).

$$x_{pk} \in \{0,1\}, \tau_{av} \geq 0, \tau i_{av} \in Z_+, Nv_n \in Z_+ \quad (7)$$

As restrições em (7) definem o domínio das variáveis utilizadas no modelo.

### 3.4 OTIMIZAÇÃO 4.0

Esta seção visa expor as dificuldades e desafios enfrentados no desenvolvimento da abordagem de otimização 4.0.

O primeiro desafio foi realizar a integração da interface *Web*, desenvolvida em OutSystems, com a *Web API*, da matheurística. Foi desejado minimizar os custos com um provedor de serviços na nuvem, pois este trabalho realiza uma série de testes, o que poderia incrementar, em muito, o custo total do projeto. Inicialmente, foi desenvolvido um programa do tipo *Web API*, por meio do *software* Visual Studio. Porém, ao expor diretamente esta API, o resultado é uma exposição local, ou seja, é possível consumi-la apenas localmente, no computador utilizado. Esta não é a proposta deste trabalho e, se assim fosse, não seria possível integrar com o *software* OutSystems, pois é uma plataforma de desenvolvimento em nuvem, ou seja, não ocorre localmente, devendo estar exposta de maneira pública para integração.

Para solucionar este problema, foram encontradas três opções:

- Utilizar um provedor de nuvem pública, onde seria necessário instalar a licença do Gurobi, assim como transferir a matheurística desenvolvida para este, e assim, expor de maneira pública a API;
- Expor a API de maneira pública diretamente no computador pessoal, utilizando um túnel ou proxy reverso, que serve para receber requisições externas e encaminhar para uma porta específica do computador. Esta opção simula um serviço em nuvem, sem arcar com os custos, porém, resulta em menor desempenho computacional;
- Redirecionar uma porta no roteador, de maneira que possibilite a utilização do IP privado publicamente.

Tendo em vista que o principal objetivo é possibilitar a integração, com o desempenho computacional em segundo plano, foi optado pela segunda opção. O túnel utilizado é o ngrok, o qual possui uma versão gratuita e uma extensão para o Visual Studio, facilitando todo o processo.

O ngrok suporta a utilização de túneis HTTPS, o que possibilita compartilhar servidores locais e simular um serviço *cloud*, sendo recomendado para testar *Websites* e APIs internas (NGROK, 2021). O resultado da utilização do ngrok é uma URL HTTPS pública que é redirecionada para a API. Para finalizar a integração,

necessita-se “consumir” esta este *endpoint* da API, utilizando o OutSystems. Toda a comunicação entre a API e o OutSystems é feita por meio do formato JSON.

## 4 TESTES COMPUTACIONAIS

Os testes foram realizados em um computador com sistema operacional Microsoft Windows 10, processador Intel(R) Core(TM) i7-6560U CPU @ 2.20GHz 2.21 GHz, memória RAM de 8GB e sistema operacional de 64 bits. Este capítulo está dividido em três seções principais. Em 4.1 são apresentadas as instâncias utilizadas nos testes e os cenários aos quais cada instância foi submetida, em 4.2 os resultados obtidos nos testes e em 4.3 uma discussão e análises dos resultados.

### 4.1 GERAÇÃO DE CENÁRIOS

Foram resolvidas 5 instâncias diferentes (Instância 1, Instância 2, Instância 3, Instância 4 e Instância 5), submetidas aos mesmos cenários de teste. Realizou-se esta etapa em duas partes, testes locais e testes on-line.

Na etapa de testes locais, variou-se os parâmetros de custos de cada categoria de transporte, de maneira a realizar o experimento fatorial  $2^k$ , com  $k = 5$ . Com este experimento é possível variar múltiplos parâmetros, gerando um comparativo entre eles. Para isso, o custo fixo da categoria de frota própria foi fixado, como equivalente a 1 (adimensional), e então foram gerados cenários com valor de custo baixo e alto, para os custos fixos e variáveis das categorias de transporte LTL e TL, e custo variável para a frota própria. Desta maneira, foram utilizados 5 fatores neste experimento (custo fixo LTL, custo variável LTL, custo fixo TL, custo variável TL e custo variável de frota própria), testados em dois níveis cada (custo alto e custo baixo). O total é de 32 combinações diferentes para cada instância, onde cada um destes cenários foi resolvido 30 vezes consecutivas, com o objetivo de validar a parte heurística da abordagem.

Na etapa on-line, para cada instância, escolheu-se 1 dos 32 cenários executados localmente, e então, foi resolvido este cenário 10 vezes. O objetivo foi comparar o tempo computacional despendido ao resolver o problema de maneira on-line e localmente. Desta forma, foi considerado suficiente a resolução de apenas 1 dos cenários, com menos replicações, pois espera-se que o resultado não sofra alterações, aumentando apenas o tempo computacional devido a integração para a resolução on-line do problema.

Os testes locais têm como principal finalidade obter o comparativo da variação de custos de categorias de transporte, tendo em vista que foi proposto uma abordagem generalizada de custos, onde a função de custo foi determinada para cada categoria de transporte. Os custos foram relativizados para cada categoria em função do custo de frota própria. As 32 variações propostas possibilitaram visualizar a diferença do resultado ao variar os custos de cada categoria. Escolheu-se executar cada um dos cenários 30 vezes, a fim de controlar a variação dos resultados. Justifica-se esta quantidade (de acordo com Freitas Filho (2008), em simulação discreta recomenda-se 30 ou mais replicações), pois para resolver o problema por meio de uma matheurística, nosso resultado pode variar de acordo com os diferentes *outputs* da heurística de geração de caminhos utilizada.

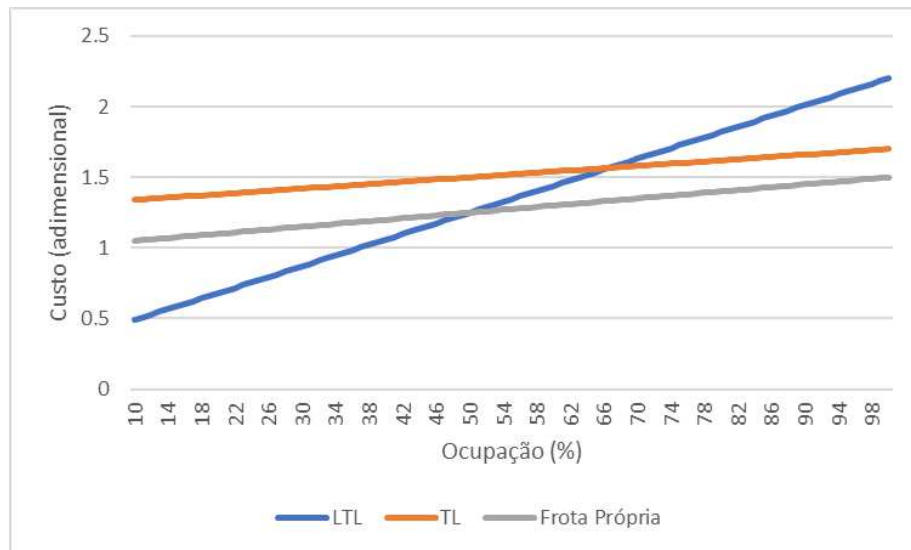
Os 32 diferentes cenários estão listados a seguir, onde o primeiro cenário apresenta uma descrição e todos os subsequentes cenários seguem a mesma definição:

- Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4;
  - Multiplicador do custo fixo da categoria de frota própria: 1;
  - Multiplicador do custo variável da categoria de frota própria: 0,5;
  - Multiplicador do custo fixo da categoria LTL: 0,3;
  - Multiplicador do custo variável da categoria LTL: 1,9;
  - Multiplicador do custo fixo da categoria TL: 1,3;
  - Multiplicador do custo variável da categoria TL: 0,4.
- Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4;
- Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4;
- Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4;
- Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5;
- Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5;
- Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5;
- Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5;
- Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,4;
- Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,4;
- Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,4;
- Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,4;
- Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,5;

- Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,5;
- Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,5;
- Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,5;
- Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4;
- Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4;
- Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4;
- Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4;
- Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5;
- Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5;
- Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5;
- Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5;
- Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,4;
- Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,4;
- Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,4;
- Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,4;
- Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,5;
- Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,5;
- Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,5;
- Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,5;

Ao realizar estas variações, altera-se a composição de custos entre as categorias de transporte por volume ocupado. A FIGURA 4 mostra o comparativo de custos por ocupação do cenário “Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4”.

FIGURA 4 – CUSTO X OCUPAÇÃO DAS CATEGORIA DE TRANSPORTE



FONTE: O autor (2021)

Neste exemplo, podemos identificar que a categoria LTL possui o menor custo de transporte até, aproximadamente, 50% de ocupação. A partir deste ponto a categoria de frota própria passa a ser a de menor custo. Caso não existam veículos de frota própria disponíveis, a categoria LTL passa a ser a de menor custo até aproximadamente 66% de ocupação e a partir deste ponto a categoria TL passa a ser a de menor custo. Vale ressaltar que a decisão de escolha da categoria utilizada envolve uma complexidade maior do que a análise feita, pois a movimentação de um veículo de frota própria determina o local onde este veículo passará a estar disponível, o que pode beneficiar um trecho seguinte.

As instâncias foram geradas manualmente, sendo inspiradas por casos reais. Nas seções seguintes, são descritos cada um dos exemplos utilizados.

#### 4.1.1 Instância 1

Esta instância replica um cenário de transportes de um-para-muitos, onde existe 1 CD de origem e 2 CDs de destino. A instância possui 5 demandas, cujas características estão descritas na TABELA 2. A empresa responsável pelo transporte possui 1 veículo de frota própria para atender as demandas e este veículo está localizado no CD da cidade de São Paulo.



TABELA 2 – DEMANDAS DA INSTÂNCIA 1

Endereço de coleta	Horário de coleta	Endereço de entrega	Horário de entrega	Paletes
São Paulo	02/03/2021 18:00	Rio de Janeiro	05/03/2021 10:00	10
São Paulo	01/03/2021 18:00	Rio de Janeiro	04/03/2021 10:00	18
São Paulo	02/03/2021 18:00	Curitiba	05/03/2021 10:00	10
São Paulo	02/03/2021 18:00	Curitiba	04/03/2021 10:00	32
São Paulo	01/03/2021 18:00	Rio de Janeiro	02/03/2021 10:00	12

FONTE: O autor (2021)

#### 4.1.2 Instância 2

Esta instância replica um cenário de transportes de muitos-para-um, onde existem 3 CDs de origem e 1 CD de destino. A instância possui 10 demandas, cujas características estão descritas na TABELA 3. A empresa responsável pelo transporte possui 2 veículos de frota própria para atender as demandas, localizados nos CDs das cidades de Recife e Belo Horizonte.

TABELA 3 – DEMANDAS DA INSTÂNCIA 2

Endereço de coleta	Horário de coleta	Endereço de entrega	Horário de entrega	Paletes
Recife	01/03/2021 18:00	Salvador	05/03/2021 10:00	6
Recife	02/03/2021 18:00	Salvador	05/03/2021 10:00	25
Recife	03/03/2021 18:00	Salvador	06/03/2021 10:00	32
Recife	01/03/2021 18:00	Salvador	04/03/2021 10:00	1
Belo Horizonte	01/03/2021 18:00	Salvador	04/03/2021 10:00	10
Belo Horizonte	02/03/2021 18:00	Salvador	06/03/2021 10:00	18
Belo Horizonte	03/03/2021 18:00	Salvador	06/03/2021 10:00	2
Vitória	01/03/2021 18:00	Salvador	04/03/2021 10:00	18
Vitória	02/03/2021 18:00	Salvador	04/03/2021 10:00	26
Vitória	03/03/2021 18:00	Salvador	05/03/2021 10:00	6

FONTE: O autor (2021)

#### 4.1.3 Instância 3

Esta instância replica um cenário de transportes de muitos-para-muitos, onde existem 6 CDs. A instância possui 20 demandas, cujas características estão descritas na TABELA 4. A empresa responsável pelo transporte possui 6 veículos de frota própria para atender as demandas, localizados nos CDs das cidades de Curitiba (2), Maringá (2) e São Paulo (2).

TABELA 4 – DEMANDAS DA INSTÂNCIA 3

Endereço de coleta	Horário de coleta	Endereço de entrega	Horário de entrega	Paletes
Curitiba	01/03/2021 18:00	Foz do Iguaçu	03/03/2021 10:00	20
Curitiba	02/03/2021 18:00	Foz do Iguaçu	05/03/2021 10:00	12
Curitiba	02/03/2021 18:00	Londrina	05/03/2021 10:00	28
Curitiba	03/03/2021 18:00	Londrina	06/03/2021 10:00	4
Curitiba	01/03/2021 18:00	Londrina	04/03/2021 10:00	10
Maringá	01/03/2021 18:00	Londrina	04/03/2021 10:00	13
Maringá	02/03/2021 18:00	Londrina	04/03/2021 10:00	16
Maringá	02/03/2021 18:00	Foz do Iguaçu	05/03/2021 10:00	20
São Paulo	02/03/2021 18:00	Curitiba	05/03/2021 10:00	30
São Paulo	01/03/2021 18:00	Curitiba	03/03/2021 10:00	10
São Paulo	01/03/2021 18:00	Foz do Iguaçu	03/03/2021 10:00	10
São Paulo	02/03/2021 18:00	Londrina	05/03/2021 10:00	15
Foz do Iguaçu	03/03/2021 18:00	Maringá	05/03/2021 10:00	15
Londrina	03/03/2021 18:00	Campinas	05/03/2021 10:00	14
Londrina	02/03/2021 18:00	Campinas	04/03/2021 10:00	12
São Paulo	02/03/2021 18:00	Campinas	04/03/2021 10:00	12
São Paulo	02/03/2021 18:00	Campinas	06/03/2021 10:00	5
Campinas	02/03/2021 18:00	Curitiba	06/03/2021 10:00	5
Campinas	01/03/2021 18:00	Curitiba	05/03/2021 10:00	6
Campinas	01/03/2021 18:00	Foz do Iguaçu	05/03/2021 10:00	6

FONTE: O autor (2021)

#### 4.1.4 Instância 4

Esta instância foi montada com o objetivo de replicar um cenário de transportes de muitos-para-muitos, onde existem 6 CDs. A instância possui 20 demandas, cujas características estão descritas na TABELA 5. A empresa responsável pelo transporte possui 6 veículos de frota própria para atender as demandas, localizados nos CDs das cidades de Curitiba (2), Porto Alegre (2), Joinville e Florianópolis.

TABELA 5 – DEMANDAS DA INSTÂNCIA 4

Endereço de coleta	Horário de coleta	Endereço de entrega	Horário de entrega	Paletes
Chapecó	01/03/2021 18:00	Florianópolis	05/03/2021 10:00	6
Chapecó	03/03/2021 18:00	Florianópolis	05/03/2021 10:00	6
Chapecó	05/03/2021 18:00	Florianópolis	07/03/2021 10:00	6
Joinville	03/03/2021 18:00	Florianópolis	05/03/2021 10:00	25
Joinville	03/03/2021 18:00	Porto Alegre	05/03/2021 10:00	25
Joinville	05/03/2021 18:00	Porto Alegre	08/03/2021 10:00	30
Porto Alegre	05/03/2021 18:00	Caxias do Sul	08/03/2021 10:00	8

Endereço de coleta	Horário de coleta	Endereço de entrega	Horário de entrega	Paletes
Porto Alegre	04/03/2021 18:00	Caxias do Sul	08/03/2021 10:00	8
Porto Alegre	07/03/2021 18:00	Curitiba	09/03/2021 10:00	12
Porto Alegre	08/03/2021 18:00	Curitiba	10/03/2021 10:00	16
Caxias do Sul	07/03/2021 18:00	Curitiba	10/03/2021 10:00	4
Caxias do Sul	07/03/2021 18:00	Chapecó	10/03/2021 10:00	2
Florianópolis	05/03/2021 18:00	Joinville	09/03/2021 10:00	18
Florianópolis	03/03/2021 18:00	Joinville	05/03/2021 10:00	18
Florianópolis	03/03/2021 18:00	Porto Alegre	05/03/2021 10:00	18
Curitiba	01/03/2021 18:00	Porto Alegre	05/03/2021 10:00	6
Curitiba	01/03/2021 18:00	Chapecó	05/03/2021 10:00	6
Curitiba	01/03/2021 18:00	Joinville	05/03/2021 10:00	6
Curitiba	01/03/2021 18:00	Florianópolis	05/03/2021 10:00	6
Curitiba	01/03/2021 18:00	Caxias do Sul	05/03/2021 10:00	6

FONTE: O autor (2021)

#### 4.1.5 Instância 5

Esta instância foi montada com o objetivo de replicar um cenário de transportes de muitos-para-muitos, onde existem 10 CDs. A instância possui 40 demandas, cujas características estão descritas na TABELA 6. A empresa responsável pelo transporte possui 12 veículos de frota própria para atender as demandas, localizados nos CDs das cidades de São Paulo (2), Rio de Janeiro (2), Brasília (2), Belo Horizonte (2), Manaus (2), Fortaleza e Recife.

TABELA 6 – DEMANDAS DA INSTÂNCIA 5

Endereço de coleta	Horário de coleta	Endereço de entrega	Horário de entrega	Paletes
São Paulo	01/03/2021 18:00	Rio de Janeiro	03/03/2021 10:00	12
São Paulo	03/03/2021 18:00	Rio de Janeiro	05/03/2021 10:00	12
São Paulo	05/03/2021 18:00	Rio de Janeiro	09/03/2021 10:00	12
São Paulo	01/03/2021 18:00	Brasília	03/03/2021 10:00	8
São Paulo	03/03/2021 18:00	Brasília	08/03/2021 10:00	8
São Paulo	01/03/2021 18:00	Salvador	08/03/2021 10:00	20
São Paulo	01/03/2021 18:00	Fortaleza	04/03/2021 10:00	10
São Paulo	01/03/2021 18:00	Belo Horizonte	04/03/2021 10:00	10
São Paulo	01/03/2021 18:00	Manaus	05/03/2021 10:00	15
São Paulo	01/03/2021 18:00	Curitiba	05/03/2021 10:00	6
São Paulo	01/03/2021 18:00	Recife	05/03/2021 10:00	5
São Paulo	01/03/2021 18:00	Goiânia	03/03/2021 10:00	4
Rio de Janeiro	01/03/2021 18:00	Curitiba	04/03/2021 10:00	20
Rio de Janeiro	01/03/2021 18:00	Brasília	04/03/2021 10:00	32
Rio de Janeiro	03/03/2021 18:00	Recife	08/03/2021 10:00	8

Endereço de coleta	Horário de coleta	Endereço de entrega	Horário de entrega	Paletes
Rio de Janeiro	02/03/2021 18:00	Curitiba	05/03/2021 10:00	12
Brasília	02/03/2021 18:00	São Paulo	05/03/2021 10:00	12
Brasília	02/03/2021 18:00	Rio de Janeiro	05/03/2021 10:00	12
Brasília	02/03/2021 18:00	Goiânia	05/03/2021 10:00	20
Brasília	02/03/2021 18:00	Fortaleza	05/03/2021 10:00	10
Salvador	01/03/2021 18:00	Fortaleza	04/03/2021 10:00	18
Salvador	01/03/2021 18:00	Curitiba	04/03/2021 10:00	18
Salvador	01/03/2021 18:00	São Paulo	04/03/2021 10:00	18
Fortaleza	01/03/2021 18:00	São Paulo	03/03/2021 10:00	30
Fortaleza	01/03/2021 18:00	Brasília	04/03/2021 10:00	10
Fortaleza	01/03/2021 18:00	Rio de Janeiro	04/03/2021 10:00	10
Belo Horizonte	01/03/2021 18:00	Rio de Janeiro	04/03/2021 10:00	22
Belo Horizonte	01/03/2021 18:00	Manaus	08/03/2021 10:00	10
Belo Horizonte	04/03/2021 18:00	São Paulo	08/03/2021 10:00	18
Manaus	01/03/2021 18:00	São Paulo	08/03/2021 10:00	28
Manaus	01/03/2021 18:00	Curitiba	08/03/2021 10:00	2
Manaus	01/03/2021 18:00	Rio de Janeiro	08/03/2021 10:00	2
Curitiba	01/03/2021 18:00	Rio de Janeiro	04/03/2021 10:00	8
Curitiba	01/03/2021 18:00	Recife	05/03/2021 10:00	8
Curitiba	01/03/2021 18:00	São Paulo	04/03/2021 10:00	16
Recife	01/03/2021 18:00	São Paulo	08/03/2021 10:00	20
Recife	01/03/2021 18:00	Belo Horizonte	08/03/2021 10:00	10
Recife	01/03/2021 18:00	Brasília	08/03/2021 10:00	2
Goiânia	01/03/2021 18:00	São Paulo	04/03/2021 10:00	12
Goiânia	01/03/2021 18:00	Rio de Janeiro	04/03/2021 10:00	12

FONTE: O autor (2021)

## 4.2 TESTES E RESULTADOS

Para efetuar os testes, foram realizadas considerações acerca da matheurística, a fim de fixar parâmetros, variando apenas os custos de categorias de transporte. As considerações realizadas foram as seguintes:

- Para o cálculo da distância entre os terminais das cidades, foi utilizado o cálculo de distância *haversine*, que possui uma aproximação de distância mais precisa, por levar em consideração a curvatura da terra;
- Para o cálculo do tempo de duração de cada trecho, foi considerada uma velocidade média de 60km/h para os veículos;
- Foi considerado um tamanho único de veículo de transporte, sendo este uma carreta com capacidade para 32 paletes;

- Foi utilizada uma discretização de tempo de 4h, ou seja, para o modelo matemático 1 tempo equivale a 4h. Em termos práticos, cada ação só pode ser realizada de 4 em 4 horas (no mínimo);
- Os trechos iniciam ao final de cada período de tempo e devem levar, pelo menos, um período para ocorrer. Dessa maneira o carregamento e descarregamento dos veículos deve ocorrer no intervalo de tempo restante do período. Um exemplo desta consideração é uma demanda que chega a um terminal às 13h, que equivale a chegar no período de 12h a 16h. A carga desta demanda pode ser descarregada e carregada em outro veículo até às 16h, horário a partir do qual esta demanda já está disponível para um novo trecho;
- Caso uma determinada demanda seja entregue após o horário de entrega, existe uma penalização na função objetivo de 1 (adimensional) multiplicado pelo número de períodos de atraso, no caso dos testes deste trabalho, a cada 4h de atraso.

Como resultado dos testes, temos um comparativo de 13 indicadores logísticos e de otimização, são eles:

- Z: Valor da função objetivo;
- Tempo para resolver: Tempo total, em segundos, para resolver a matheurística;
- Tempo para otimizar: Tempo, em segundos, para resolver a parte exata;
- Distância total percorrida: Distância total percorrida pelos veículos, em quilômetros;
- Trechos realizados com frota própria: Percentual de trechos realizados com veículos de frota própria;
- Trechos realizados com LTL: Percentual de trechos realizados com veículos LTL;
- Trechos realizados com TL: Percentual de trechos realizados com veículos TL;
- Ocupação dos veículos de frota própria: Percentual de ocupação média dos veículos de frota própria;
- Ocupação dos veículos LTL: Percentual de ocupação média dos veículos LTL;
- Ocupação dos veículos TL: Percentual de ocupação média dos veículos TL;
- Trechos percorridos com veículos vazios: Número de trechos realizados com veículos vazios;
- Demandas entregues com atraso: Número de demandas entregues com atrasos;
- Tempo médio de atraso: Tempo médio, em horas, de atraso das demandas, desconsiderando demandas com atraso nulo.

Os resultados destes indicadores, de cada instância, para todos os 32 cenários, são encontrados no apêndice deste trabalho. Devido ao fato de os testes terem sido realizados 30 vezes para cada cenário, as tabelas do apêndice apresentam os resultados dos testes em 4 colunas, respectivamente:

- Coluna que representa o resultado que obteve o menor valor de Z;
- Coluna que representa a média de todos os 30 testes;
- Coluna que representa o resultado que obteve o maior valor de Z;
- Coluna que representa o desvio padrão de todos os 30 testes.

São apresentados os resultados do intervalo de confiança de Z para as 30 soluções de cada instância e cada cenário ao qual a instância foi submetida. Os resultados estão dispostos com o limite inferior e superior de Z para o cálculo do intervalo de confiança, utilizando a distribuição de *t de student*, com um intervalo de confiança de 95% e 29 graus de liberdade.

Além do intervalo de confiança, nesta seção são apresentados os resultados do valor médio de Z para cada uma das instâncias, na forma de um *Violin Plot*. Por meio deste tipo de plotagem, é possível visualizar a densidade dos valores de Z para cada um dos cenários, de maneira que a largura de cada curva representa, aproximadamente, a frequência de cada valor.

Os resultados da instância 1 são apresentados na TABELA 7 e FIGURA 5.

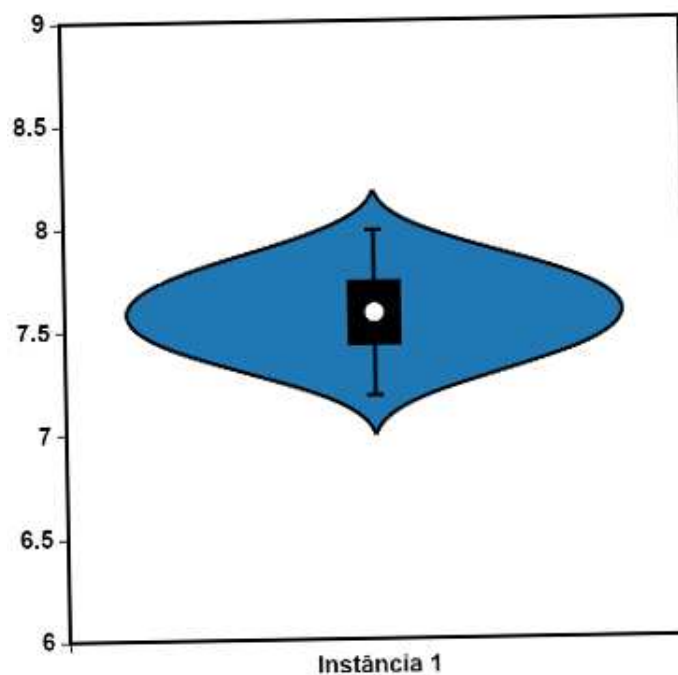
TABELA 7 – INTERVALO DE CONFIANÇA DE Z PARA A INSTÂNCIA 1

Parâmetros	Limite inferior	Limite superior
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4	7,1835	7,1835
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4	7,3246	7,3246
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4	7,4738	7,4738
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4	7,6148	7,6148
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5	7,3246	7,3246
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5	7,4656	7,4656
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5	7,6148	7,6148
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5	7,7559	7,7559
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,4	7,2742	7,2742
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,4	7,4153	7,4153
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,4	7,5645	7,5645
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,4	7,7055	7,7055
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,5	7,4153	7,4153
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,5	7,5563	7,5563
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,5	7,7055	7,7055
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,5	7,8466	7,8466

Parâmetros	Limite inferior	Limite superior
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4	7,3234	7,3234
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4	7,4645	7,4645
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4	7,6137	7,6137
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4	7,7547	7,7547
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5	7,4645	7,4645
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5	7,6055	7,6055
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5	7,7547	7,7547
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5	7,8958	7,8958
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,4	7,4141	7,4141
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,4	7,5552	7,5552
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,4	7,7044	7,7044
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,4	7,8454	7,8454
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,5	7,5552	7,5552
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,5	7,6962	7,6962
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,5	7,8454	7,8454
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,5	7,9865	7,9865

FONTE: O autor (2021)

FIGURA 5 — VIOLIN PLOT DE Z PARA A INSTÂNCIA 1



FONTE: O autor (2021)

Os resultados da instância 2 são apresentados na TABELA 8 e FIGURA 6.

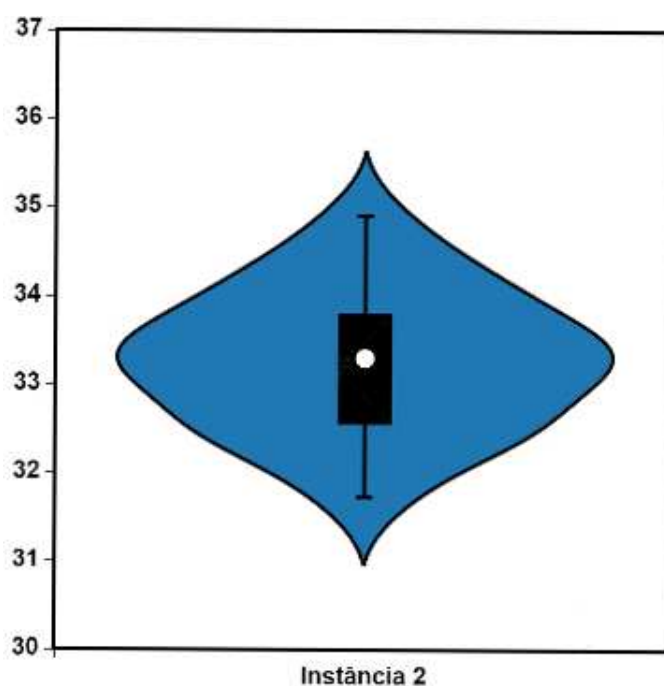
TABELA 8 – INTERVALO DE CONFIANÇA DE Z PARA A INSTÂNCIA 2

<b>Parâmetros</b>	<b>Limite inferior</b>	<b>Limite superior</b>
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4	31,5653	31,8930
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4	32,4614	32,6483
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4	32,2323	32,6617
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4	33,1711	33,6008
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5	32,3868	32,5962
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5	33,1358	33,2317
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5	33,0632	33,4946
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5	33,9453	34,2706
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,4	31,6688	32,0147
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,4	32,5853	32,8683
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,4	32,2804	32,7219
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,4	33,3376	33,7701
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,5	32,4443	32,7544
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,5	33,3485	33,5263
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,5	33,1134	33,5541
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,5	34,1579	34,5815
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4	32,1035	32,3831
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4	32,9476	33,1431
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4	33,0611	33,4129
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4	33,6056	34,0132
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5	32,9917	33,1866
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5	33,7125	33,8023
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5	33,5312	33,9434
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5	34,5247	34,8353
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,4	32,2308	32,5459
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,4	33,2734	33,5510
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,4	32,7897	33,2157
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,4	34,0514	34,4581
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,5	33,1634	33,4699
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,5	33,8834	34,0701
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,5	33,9382	34,3419
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,5	34,7002	35,1100

FONTE: O autor (2021)



FIGURA 6 – VIOLIN PLOT DE Z PARA A INSTÂNCIA 2



FONTE: O autor (2021)

Os resultados da instância 3 são apresentados na TABELA 9 e FIGURA 7.

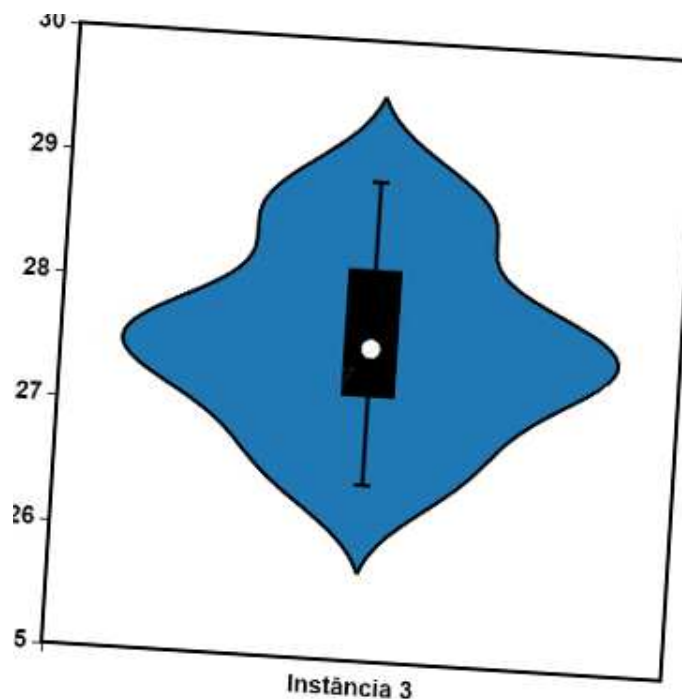
TABELA 9 – INTERVALO DE CONFIANÇA DE Z PARA A INSTÂNCIA 3

Parâmetros	Limite inferior	Limite superior
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4	26,3370	26,6001
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4	26,2933	26,5457
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4	27,3857	27,6979
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4	27,3456	27,6522
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5	26,3193	26,5792
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5	26,4170	26,6817
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5	27,2985	27,5812
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5	27,3942	27,7213
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,4	26,8928	27,2004
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,4	26,5879	26,8438
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,4	27,3122	27,6520
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,4	27,5064	27,8769
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,5	26,6235	26,9173
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,5	26,8550	27,1278
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,5	27,3260	27,6720
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,5	27,5015	27,8050
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4	27,1616	27,4061
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4	27,1970	27,4451
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4	28,2345	28,5331

Parâmetros	Limite inferior	Limite superior
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4	28,3467	28,7356
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5	27,2176	27,4515
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5	27,2381	27,4684
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5	28,4030	28,6994
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5	28,2438	28,5396
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,4	27,5919	27,8132
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,4	27,6964	27,9462
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,4	28,5527	28,9326
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,4	28,5061	28,8439
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,5	27,6736	27,8921
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,5	27,6777	27,9579
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,5	28,6499	29,0107
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,5	28,6850	29,0427

FONTE: O autor (2021)

FIGURA 7 – VIOLIN PLOT DE Z PARA A INSTÂNCIA 3



FONTE: O autor (2021)

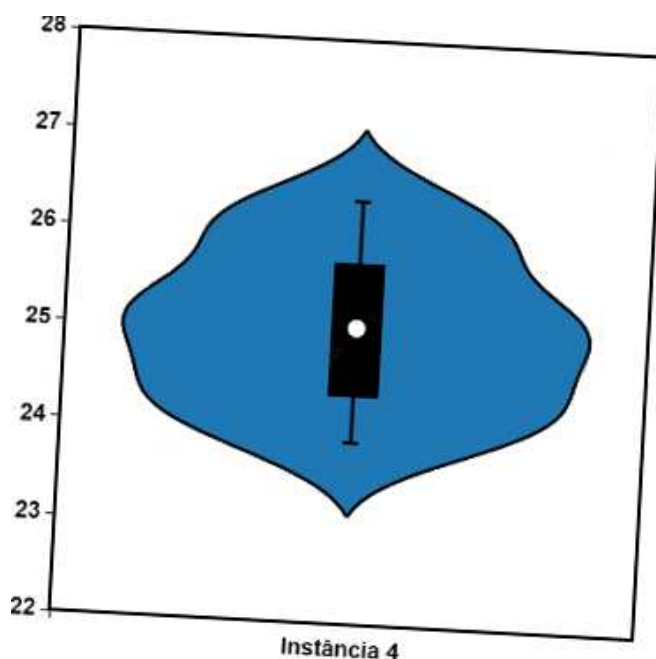
Os resultados da instância 4 são apresentados na TABELA 10 e FIGURA 8.

TABELA 10 – INTERVALO DE CONFIANÇA DE Z PARA A INSTÂNCIA 4

<b>Parâmetros</b>	<b>Limite inferior</b>	<b>Limite superior</b>
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4	23,9011	24,0344
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4	23,7533	23,9901
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4	24,9772	25,2221
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4	25,0762	25,2844
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5	23,8061	24,0171
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5	23,9089	24,0469
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5	25,0287	25,2480
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5	25,0306	25,2586
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,4	24,0558	24,3270
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,4	24,2115	24,3957
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,4	25,2690	25,4794
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,4	25,2603	25,4787
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,5	24,0940	24,3406
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,5	24,0210	24,3112
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,5	25,3030	25,4970
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,5	25,2140	25,4591
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4	24,4984	24,6036
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4	24,3362	24,5531
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4	25,8473	26,0766
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4	25,9310	26,1183
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5	24,3426	24,5566
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5	24,4522	24,5983
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5	25,7859	26,0466
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5	25,7851	26,0456
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,4	24,7636	25,0245
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,4	24,7424	25,0221
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,4	26,3324	26,3706
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,4	26,0603	26,3028
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,5	24,9112	25,0913
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,5	24,8120	25,0516
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,5	26,2293	26,3711
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,5	26,1226	26,3342

FONTE: O autor (2021)

FIGURA 8 – VIOLIN PLOT DE Z PARA A INSTÂNCIA 4



FONTE: O autor (2021)

Os resultados da instância 5 são apresentados na TABELA 11 e FIGURA 9.

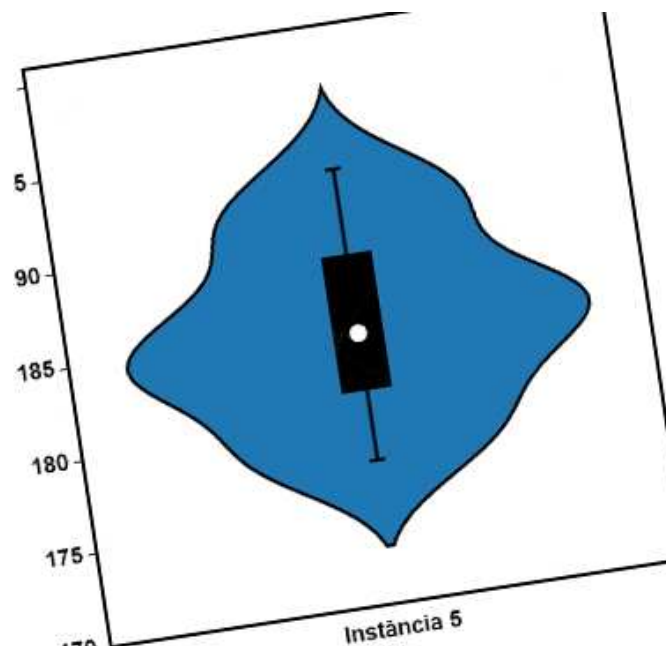
TABELA 11 – INTERVALO DE CONFIANÇA DE Z PARA A INSTÂNCIA 5

Parâmetros	Limite inferior	Limite superior
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4	177,1435	178,5741
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4	176,8834	178,4959
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4	182,3850	183,7739
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4	181,5921	183,9012
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5	177,1179	178,5399
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5	177,6846	179,2673
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5	182,2933	184,0397
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5	183,1093	184,7757
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,4	178,4078	179,9583
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,4	178,2419	179,1354
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,4	183,1035	184,9569
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,4	184,6049	186,2728
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,5	178,9617	180,8166
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,5	179,8198	181,3973
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,5	184,5066	186,0164
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,5	184,7895	186,7296
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4	182,1474	183,3933
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4	183,6161	184,8516
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4	188,7592	189,9819
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4	189,4309	191,5583

Parâmetros	Limite inferior	Limite superior
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5	184,1235	185,3769
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5	183,7129	184,7204
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5	189,7373	191,7566
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5	190,8097	192,0760
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,4	184,6089	185,5471
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,4	185,4614	186,9254
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,4	189,7055	192,2756
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,4	191,1567	192,3481
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,5	185,9293	186,8204
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,5	186,9047	188,4302
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,5	191,3573	193,4937
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,5	192,6257	193,9556

FONTE: O autor (2021)

FIGURA 9 – VIOLIN PLOT DE Z PARA A INSTÂNCIA 5



FONTE: O autor (2021)

Para os testes on-line, foram realizadas 10 replicações para cada instância, todas utilizando o mesmo cenário (Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4). O objetivo destes testes é comparar o tempo computacional despendido para realizar toda a solução, entre a abordagem on-line e localmente. A TABELA 12 apresenta os resultados dos testes on-line, onde é possível visualizar a média das 10 soluções de cada instância. Os resultados dos testes on-line estão divididos em 5 colunas, são elas:

- Instância: Representa a instância referente aos testes;
- Z: Valor da função objetivo;
- Tempo de otimização: Tempo despendido na otimização da parte exata da matheurística;
- Tempo de integração: Tempo despendido para resolver o problema, a partir do momento em que a API é chamada, até a conversão da sua resposta em uma estrutura local. Corresponde ao tempo para resolver a heurística, somado ao tempo de otimização e o tempo para realizar a integração com a API;
- Tempo total: Tempo despendido desde o clique do botão “Otimizar” até a resposta estar disponível em tela, com todos os pontos marcados no mapa e a resposta organizada como descrita em 3.2.4. Esta coluna representa o tempo despendido para se ter a solução completa.

TABELA 12 – RESULTADO DOS TESTES ON-LINE

Instância	Z	Tempo de otimização (s)	Tempo de integração (s)	Tempo total (s)
1	7,1835	0,0506	0,3157	0,5218
2	31,908	0,4203	0,6974	0,9161
3	26,4887	12,3169	12,7432	12,9553
4	23,7938	35,3404	35,8472	36,0796
5	176,7179	368,1756	371,624	372,436

FONTE: O autor (2021)

#### 4.3 DISCUSSÕES SOBRE O CAPÍTULO

Analisando os resultados da seção anterior, verifica-se que a variação do tamanho do intervalo de confiança de Z, foi muito baixo, com um pequeno aumento proporcional a quantidade de demandas de cada instância.

Os resultados da instância 1 (TABELA 7) mostraram que os valores superior e inferior do intervalo de confiança, são os mesmos, com precisão de 4 casas decimais. Este fato mostra que o valor da função objetivo, estatisticamente, não altera de acordo com variações da heurística. Na TABELA 13, disponível no apêndice, verifica-se que, apesar de possuir o mesmo valor de Z, os valores para a distância total percorrida, o número de trechos com cada categoria de transportes e o percentual de ocupação médio dos veículos foram diferentes. Outro ponto importante foi a variação do tempo de resposta. Por exemplo, o cenário “Frota Própria: 1 e 0,5, LTL:

0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4” desta instância, apresentou aumento percentual de aproximadamente 65%, entre o tempo cujo valor de Z foi o menor encontrado e o maior encontrado.

De acordo com a TABELA 8, nota-se que a instância 2 foi a primeira, em ordem crescente de quantidade de demandas, a apresentar diferença estatística entre os valores do limite inferior e superior de Z. Esta diferença foi mínima no cenário “Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5”, com aumento percentual de 0,27% e máxima no cenário “Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,4”, com aumento percentual de 1,37%. Apesar de haver diferenças, estes valores ainda são muito baixos, sem diferença significativa entre as 30 soluções dos diferentes cenários. Analisando a TABELA 14, verifica-se que esta instância seguiu o padrão de variação de resultados de maneira similar à instância 1, onde apesar do valor de Z ser próximo, os resultados apresentaram maiores variações. Como exemplo, podemos citar o cenário “Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5”, onde é possível observar que o valor cujo Z foi mínimo, utilizou veículos LTL em 44,4% dos trechos e o valor cujo Z foi máximo, utilizou esta categoria em 60% dos trechos. Ou seja, apesar do valor de Z ser próximo, os percentuais de utilização de cada categoria possuem uma diferença considerável.

De acordo com a TABELA 9 e a TABELA 10, verifica-se que as variações dos resultados das instâncias 3 e 4 foram similares. Isso se deu pelo motivo das instâncias possuírem as mesmas características (20 demandas, distribuídas em 6 CDs, muitos-para-muitos e com 6 veículos de frota própria). É a partir deste tamanho de instância que as variações de tempo de solução se tornaram maiores, entretanto, ressalta-se que a variação do intervalo de confiança de Z seguiu baixa.

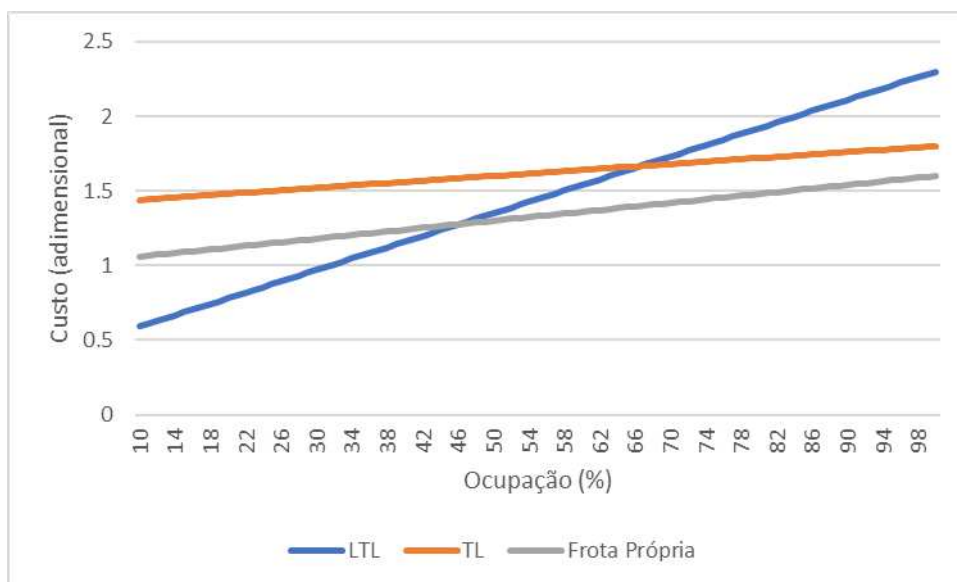
Analisando o cenário “Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,4”, da instância 3, apresentado na TABELA 15, verifica-se que o tempo para resolver o melhor valor de Z encontrado, foi de 5,9s e, para resolver o pior, foram necessários 34,5s, um aumento de cerca de 485%. Outro cenário interessante desta instância é o “Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4”, onde o melhor Z não utiliza nenhum veículo da categoria TL e o pior Z utiliza esta categoria em 6,7% das rotas, com média de ocupação de 100% para estes veículos.

Analisando a instância 4, por meio da TABELA 16, também pode-se notar cenários similares aos da instância 3. Por exemplo, o cenário “Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,4”, que levou cerca de 56,5s para resolver o melhor cenário

(Z mais baixo) e 615,8s para resolver o pior cenário, obteve um aumento de 989%. Apesar desta diferença, o valor de Z variou de 24,7 para 25,8, aumentando 4,5%. Outro ponto de destaque, para esta instância, é que para todos os cenários, em todos os testes realizados, nenhum utilizou veículos TL. O motivo para este fato foi a alta quantidade de veículos de frota própria e as características das demandas. É possível notar que, os maiores percentuais de ocupação, foram utilizados por veículos de frota própria, em média 73,25% e no mínimo 66,5%. Os veículos LTL estiveram todos com ocupações baixas, em média 22,89% e no máximo 26,84%, sem a necessidade de utilizar a categoria TL.

A fim de aprofundar a análise, sobre o motivo pelo qual não foram utilizados veículos TL, na instância 4, pode-se analisar o cenário “Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4”, cenário cuja média de ocupação de veículos de frota própria foi a mais baixa. O gráfico de Custo x Ocupação, para este cenário (FIGURA 10), apresenta que deveria haver um caso em que a ocupação fosse maior que 66%, para que fosse vantajoso o uso da categoria TL em relação a LTL e nunca seria vantajoso em relação a frota própria.

FIGURA 10 – CUSTO X OCUPAÇÃO DO CENÁRIO DE TESTES ON-LINE



FONTE: O autor (2021)

Vale ressaltar, que esta é uma análise superficial, pois dependendo da localização do veículo de frota própria, anteriormente a cada trecho, pode ser necessário percorrer com o veículo vazio, o que não foi o caso. Pode-se observar, por



meio da TABELA 16, que nenhuma movimentação de veículo vazio foi necessária neste cenário. Outra suposição, é caso o transporte deste veículo seja útil ao final do trecho, para ser utilizado novamente em outro trecho. Isso apenas tornaria o transporte de frota própria ainda mais atrativo, em relação ao TL.

Os resultados da instância 5, também apresentaram pouca variação nos limites inferiores e superiores de Z, com aumento percentual médio de 0,52%. Analisando a TABELA 17, percebe-se que os testes desta instância obtiveram a maior variação de tempo para resolver, dentre os testes de cada cenário. Apresentou valores de desvio padrão muito baixos, para os percentuais de ocupação e percentuais de trechos, com cada categoria de transporte. Analisando o cenário “Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,5”, verifica-se que o tempo despendido para resolver o melhor resultado foi de 95,5s e o de pior 1711,3s, um aumento de cerca de 1685%.

De maneira geral, a consequência da variação dos custos, das categorias de transporte, mostrou grande significância em algumas instâncias, e pouca em outras. No geral, enquanto maior o número de demandas envolvidas na instância, maior a variação da quantidade de rotas realizadas com cada categoria de transporte. Apesar de outros indicadores, como a ocupação e a distância percorrida também alterarem, isso ocorre como consequência da alteração das categorias utilizadas, sendo este o indicador logístico de maior interesse ao realizar estas variações.

Analisando as variações da instância 1, por meio da TABELA 13, pode-se notar que, apesar de haver pequenas variações, em média, 25% dos trechos foram realizados com veículos de frota própria, 50% com veículos LTL e 25% com veículos TL. Por esta ser uma instância muito pequena, é esperado que não haja grandes variações nos indicadores logísticos.

Por meio da TABELA 14, que demonstra os resultados da instância 2, foi possível observar uma maior variação na utilização de cada categoria, dois exemplos interessantes de se avaliar foram os cenários “Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5” e “Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,4”, o primeiro cenário consiste no menor custo de frota própria e LTL e maior custo TL. Este cenário apresentou, em média, apenas 15,1% dos trechos com veículos TL. O segundo cenário representa o oposto, maior custo de frota própria e LTL e menor custo TL. Este cenário apresentou em média 33,4% dos trechos utilizando a categoria TL, aumentando consideravelmente a quantidade de trechos com a categoria TL.

Na TABELA 15, como exemplo para a instância 3, podemos analisar os cenários “Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4” e “Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,5”. O primeiro representando o maior custo de frota própria e menor custo TL e LTL, onde, em média, a categoria de frota própria foi utilizada em 34,1% dos trechos. O segundo cenário representa os custos opostos, onde foi possível verificar um grande incremento de utilização da categoria de frota própria. Com valor médio de 71,7% e melhor resposta utilizando esta categoria em 88% dos trechos.

Para a instância 4, pode-se verificar dois exemplos interessantes, por meio da TABELA 16. O cenário “Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,4” representa o maior custo LTL e menor custo TL e de frota própria. Este cenário, em média, apresentou 47,5% das rotas utilizando a categoria LTL. O cenário oposto (“Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5”) apresentou, em média, 67,9% dos trechos com a categoria LTL e 72,2% no melhor resultado encontrado.

Os resultados da instância 5, disponíveis na TABELA 17, também tiveram diferenças nos resultados para os diferentes custos. Nesta instância, analisa-se o cenário cujo custo da categoria TL é máximo e LTL e frota própria mínimo. Onde, a categoria TL foi utilizada, em média, em 4,7% dos trechos. O cenário oposto, apresenta o valor médio do percentual de trechos realizados com a categoria TL, de 16,2%.

Os exemplos citados acima, demonstraram uma variação positiva dos indicadores logísticos, ao alterar os custos de cada categoria, onde as variações acompanharam o acréscimo e decréscimo dos valores relacionados a cada categoria de transporte. Obteve-se, também, que nenhum dos testes realizados transportou veículos vazios, além de nenhum possuir demandas com atraso.

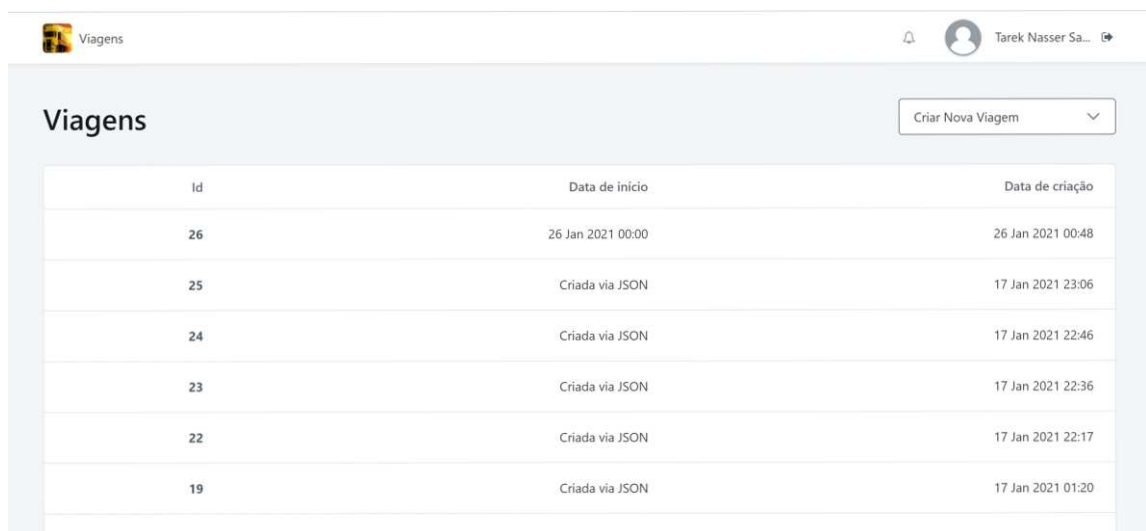
A partir dos resultados dos testes on-line, dispostos na TABELA 12, verificou-se que houve pequeno aumento no tempo, devido a integração por API. Em média, as instâncias 1, 2, 3, 4 e 5, obtiveram um aumento no tempo despendido, para efetuar a integração de, respectivamente, 0,26s, 0,28s, 0,43s, 0,51s e 3,45s. Entre a integração e a disponibilização de toda a interface *Web*, foram despendidos adicionais 0,21s, 0,22s, 0,21s, 0,23s, 0,81s, para cada uma das instâncias. Este tempo acrescido tem pouquíssima relevância, em termos de tempo computacional total para resolver o problema.

Constata-se, então, que os resultados indicaram pouca variação no valor de  $Z$ , porém, os indicadores logísticos e o tempo de execução apresentaram variações significativas. As variações dos custos de cada categoria de transporte, foram proporcionais ao uso destas categorias. Foi demonstrado pequeno impacto, em acréscimo de tempo, para resolver este problema de maneira on-line.

## 5 APLICAÇÃO WEB

A interface foi desenvolvida com a seguinte lógica de uso. Inicialmente é necessário criar viagens. A criação pode ser feita de duas diferentes maneiras, manualmente, ou por meio de um arquivo no formato JSON (*JavaScript Object Notation*). A tela de viagens é demonstrada na FIGURA 11 e o botão de criação de viagens na FIGURA 12.

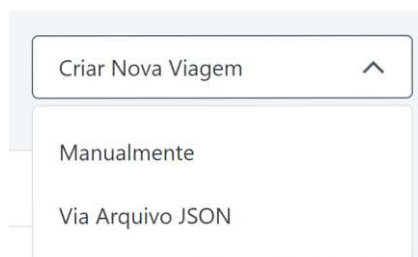
FIGURA 11 – TELA DE CRIAÇÃO E LISTA DE VIAGENS



Id	Data de início	Data de criação
26	26 Jan 2021 00:00	26 Jan 2021 00:48
25	Criada via JSON	17 Jan 2021 23:06
24	Criada via JSON	17 Jan 2021 22:46
23	Criada via JSON	17 Jan 2021 22:36
22	Criada via JSON	17 Jan 2021 22:17
19	Criada via JSON	17 Jan 2021 01:20

FONTE: O autor (2021)

FIGURA 12 – BOTÃO DE CRIAÇÃO DE VIAGENS



FONTE: O autor (2021)

Para a criação manual, são seguidos os seguintes passos:

- Passo 1: É realizada a criação de demandas. Para cada demanda, é necessário informar seu tamanho, local e horário de coleta e local e horário de entrega. A FIGURA 13 mostra os campos de preenchimento deste passo.

FIGURA 13 – TELA DE CRIAÇÃO DE DEMANDAS

Id	Endereço de coleta	Horário de coleta	Endereço de entrega	Horário de entrega	Pallets	Remove
0	São Paulo	27 Jan 2021 21:49	Curitiba	29 Jan 2021 21:50	15	
1	Rio de Janeiro	27 Jan 2021 21:49	Curitiba	29 Jan 2021 21:50	10	

FONTE: O autor (2021)

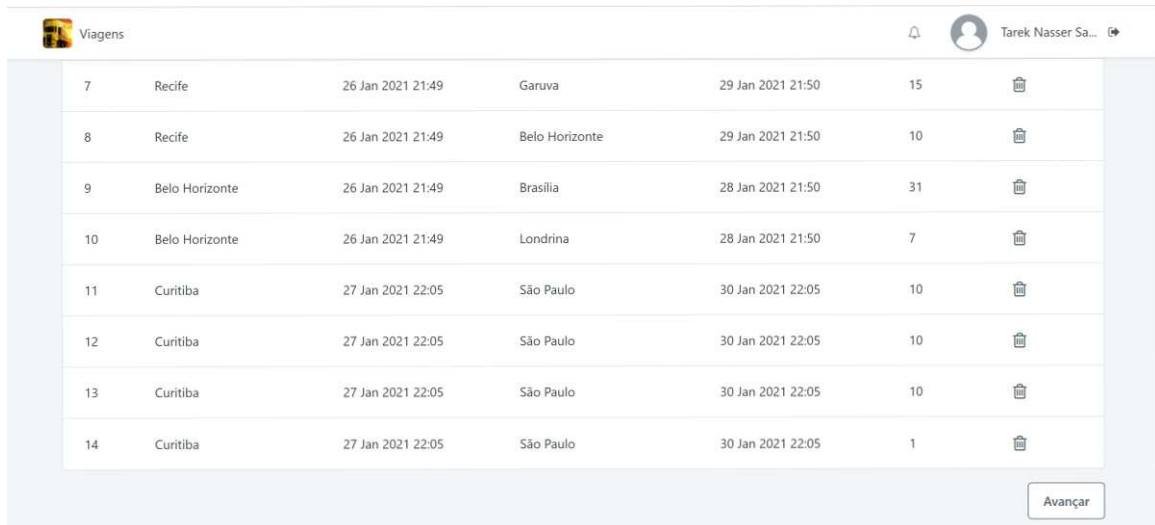
Para facilitar o processo, foram adicionados aceleradores nos campos de coleta e entrega. Programou-se a disponibilização de uma lista com os possíveis endereços e, nos campos de horário, um calendário facilita o processo, como mostrado na FIGURA 14.

FIGURA 14 – FACILITADORES PARA CRIAÇÃO DA DEMANDA

FONTE: O autor (2021)

Após adicionar uma demanda, a qual é adicionada à lista de demandas, pode-se editá-la e/ou excluí-la, caso o usuário tenha completado incorretamente a mesma. Finalizando este passo, o usuário pode avançar e salvar as demandas, clicando no botão “Avançar” (FIGURA 15).

FIGURA 15 – AVANÇAR E SALVAR DEMANDAS



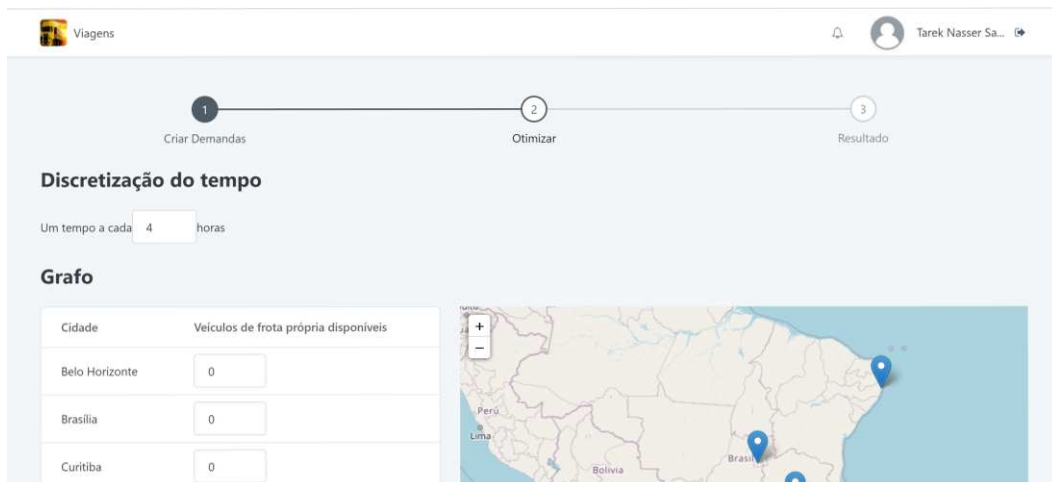
ID	Cidade	Data/Hora	Origem	Destino	Quantidade	Ação
7	Recife	26 Jan 2021 21:49	Garuva	29 Jan 2021 21:50	15	[Icon]
8	Recife	26 Jan 2021 21:49	Belo Horizonte	29 Jan 2021 21:50	10	[Icon]
9	Belo Horizonte	26 Jan 2021 21:49	Brasília	28 Jan 2021 21:50	31	[Icon]
10	Belo Horizonte	26 Jan 2021 21:49	Londrina	28 Jan 2021 21:50	7	[Icon]
11	Curitiba	27 Jan 2021 22:05	São Paulo	30 Jan 2021 22:05	10	[Icon]
12	Curitiba	27 Jan 2021 22:05	São Paulo	30 Jan 2021 22:05	10	[Icon]
13	Curitiba	27 Jan 2021 22:05	São Paulo	30 Jan 2021 22:05	10	[Icon]
14	Curitiba	27 Jan 2021 22:05	São Paulo	30 Jan 2021 22:05	1	[Icon]

Avançar

FONTE: O autor (2021)

- Passo 2: Neste passo, configura-se a discretização do tempo e são definidas as quantidades de veículos de frota própria disponíveis em cada terminal, no instante de início da viagem (FIGURA 16).

FIGURA 16 – TELA DE OTIMIZAÇÃO



1 Criar Demandas 2 Otimizar 3 Resultado

**Discretização do tempo**

Um tempo a cada  horas

**Grafo**

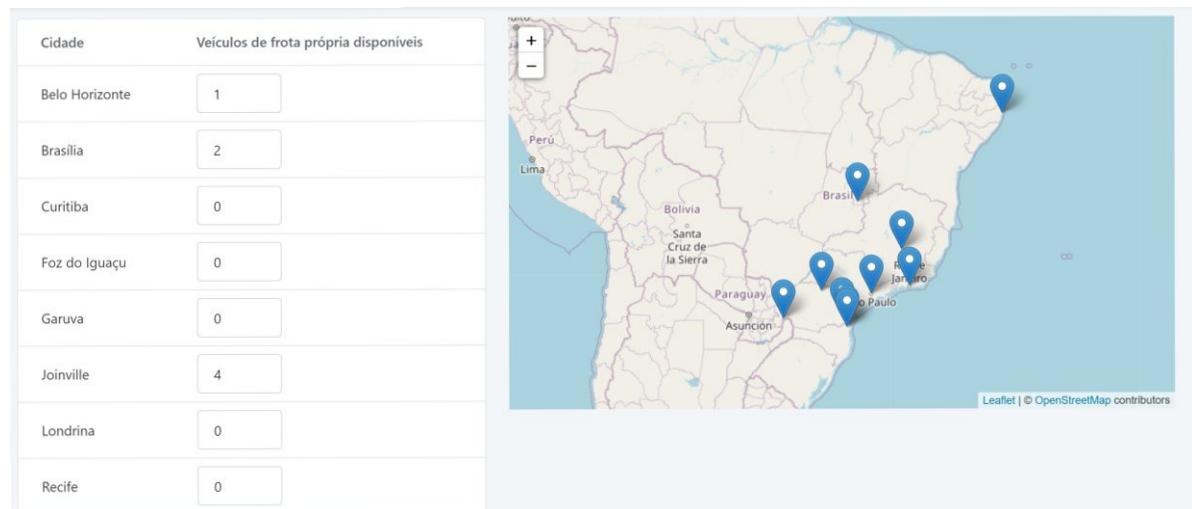
Cidade	Veículos de frota própria disponíveis
Belo Horizonte	<input type="text" value="0"/>
Brasília	<input type="text" value="0"/>
Curitiba	<input type="text" value="0"/>

Mapa de localização dos terminais: Peru, Lima, Bolívia, Brasília.

FONTE: O autor (2021)

Para tornar o processo mais visual, é disponibilizado um mapa com todos os terminais envolvidos na viagem (FIGURA 17).

FIGURA 17 – MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DOS TERMINAIS



FONTE: O autor (2021)

Por fim, uma lista com todas as demandas é disponibilizada, para que o usuário possa confirmar e avançar para o próximo passo, clicando no botão “Otimizar” (FIGURA 18). Ao clicar neste botão, por meio da API, resolve-se a heurística de geração de caminhos e o modelo matemático, utilizando o Gurobi.

FIGURA 18 – DEMANDAS E BOTÃO DE OTIMIZAR

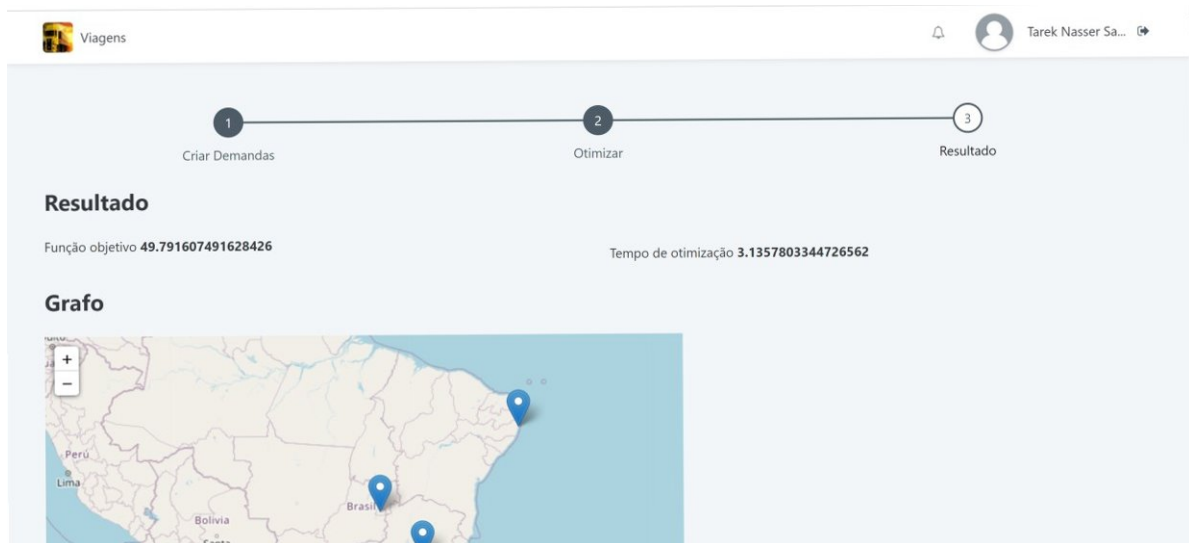
Demandas					
Id	Endereço de coleta	Horário de coleta	Endereço de entrega	Horário de entrega	Pallets
0	São Paulo	27 Jan 2021 21:49	Curitiba	29 Jan 2021 21:50	15
1	Rio de Janeiro	27 Jan 2021 21:49	Curitiba	29 Jan 2021 21:50	10
2	Rio de Janeiro	27 Jan 2021 21:49	Curitiba	29 Jan 2021 21:50	5
3	Joinville	27 Jan 2021 21:49	Foz do Iguaçu	30 Jan 2021 21:50	28
4	Joinville	26 Jan 2021 21:49	Foz do Iguaçu	29 Jan 2021 21:50	2
5	Londrina	26 Jan 2021 21:49	São Paulo	28 Jan 2021 21:50	12
6	Londrina	26 Jan 2021 21:49	São Paulo	28 Jan 2021 21:50	17
7	Recife	26 Jan 2021 21:49	Garuva	29 Jan 2021 21:50	15
8	Recife	26 Jan 2021 21:49	Belo Horizonte	29 Jan 2021 21:50	10
9	Belo Horizonte	26 Jan 2021 21:49	Brasília	28 Jan 2021 21:50	31
10	Belo Horizonte	26 Jan 2021 21:49	Londrina	28 Jan 2021 21:50	7
11	Curitiba	27 Jan 2021 22:05	São Paulo	30 Jan 2021 22:05	10
12	Curitiba	27 Jan 2021 22:05	São Paulo	30 Jan 2021 22:05	10
13	Curitiba	27 Jan 2021 22:05	São Paulo	30 Jan 2021 22:05	10
14	Curitiba	27 Jan 2021 22:05	São Paulo	30 Jan 2021 22:05	1
					Otimizar

FONTE: O autor (2021)

- Passo 3: Após finalizado o processo de resolução, a resposta é mostrada em tela, na última etapa do processo (FIGURA 19), onde é possível visualizar o valor da função objetivo e o tempo, em segundos, despendido na otimização.



FIGURA 19 – TELA DE RESULTADO



FONTE: O autor (2021)

Esta tela foi desenvolvida visando a perspectiva de rota por demanda, ou seja, para cada demanda, é mostrada a sequência de trechos a serem realizados (FIGURA 20).

FIGURA 20 – RESULTADO LISTADO POR DEMANDAS

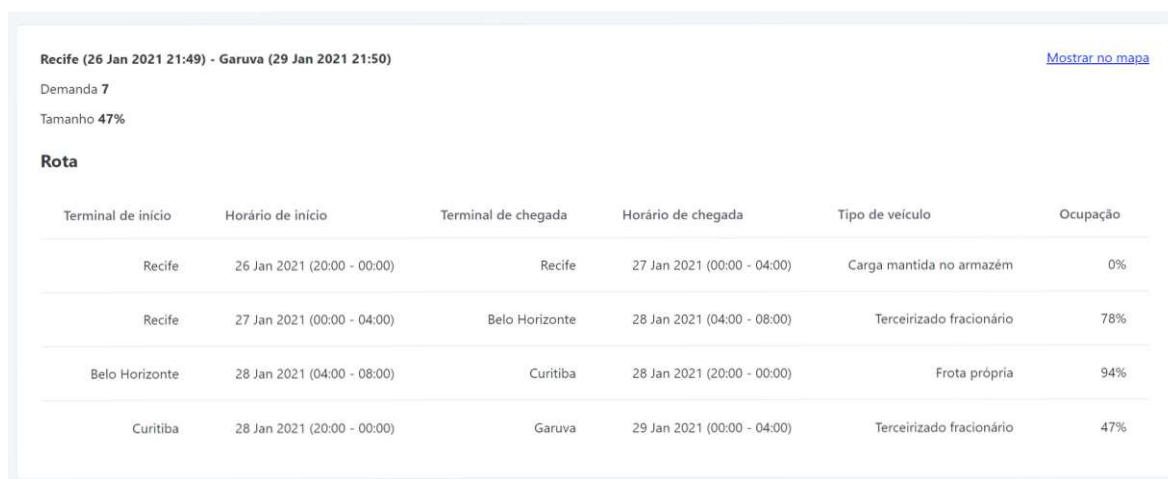
Demandas					
<b>São Paulo (27 Jan 2021 21:49) - Curitiba (29 Jan 2021 21:50)</b> <a href="#">Mostrar no mapa</a>					
Demanda 0					
Tamanho 47%					
<b>Rota</b>					
Terminal de início	Horário de início	Terminal de chegada	Horário de chegada	Tipo de veículo	Ocupação
São Paulo	27 Jan 2021 (20:00 - 00:00)	São Paulo	28 Jan 2021 (04:00 - 08:00)	Carga mantida no armazém	0%
São Paulo	28 Jan 2021 (04:00 - 08:00)	Curitiba	28 Jan 2021 (12:00 - 16:00)	Frota própria	94%
<b>Rio de Janeiro (27 Jan 2021 21:49) - Curitiba (29 Jan 2021 21:50)</b> <a href="#">Mostrar no mapa</a>					
Demanda 1					
Tamanho 31%					
<b>Rota</b>					
Terminal de início	Horário de início	Terminal de chegada	Horário de chegada	Tipo de veículo	Ocupação

FONTE: O autor (2021)

Para cada demanda, é indicado os terminais a serem visitados, a modalidade de transporte a ser utilizada, o percentual de ocupação em cada veículo e os horários de cada movimento. A FIGURA 21 mostra o caso de uma demanda, para servir de exemplo, cuja origem é Recife-PE e o destino Garuva-SC. A carga desta demanda ocupa 47% da capacidade de um veículo, valores de ocupação acima de 47%, no trajeto, significam que deve haver consolidação da carga desta demanda com outras no trecho, por exemplo, no segundo trecho, onde é ocupado 94% da capacidade do veículo.

Inicialmente, esta demanda (Demanda 7) deve ser mantida no terminal de Recife-PE por 4h. Em seguida, sua carga deve ser consolidada com outras, e ser transportada para o terminal de Belo Horizonte-MG, utilizando a modalidade LTL, com 78% de ocupação. Na sequência, a carga desta demanda deve ser consolidada novamente, chegando à ocupação de 94%, para que o transporte de Belo Horizonte-MG para Curitiba-PR seja realizado, utilizando a modalidade de frota própria. Por fim, a carga da demanda deve ser desconsolidada, e utilizando a modalidade LTL, a carga seja transportada de Curitiba-PR para Garuva-SC.

FIGURA 21 – RESULTADO DE UMA DEMANDA



Recife (26 Jan 2021 21:49) - Garuva (29 Jan 2021 21:50) [Mostrar no mapa](#)

Demanda 7

Tamanho 47%

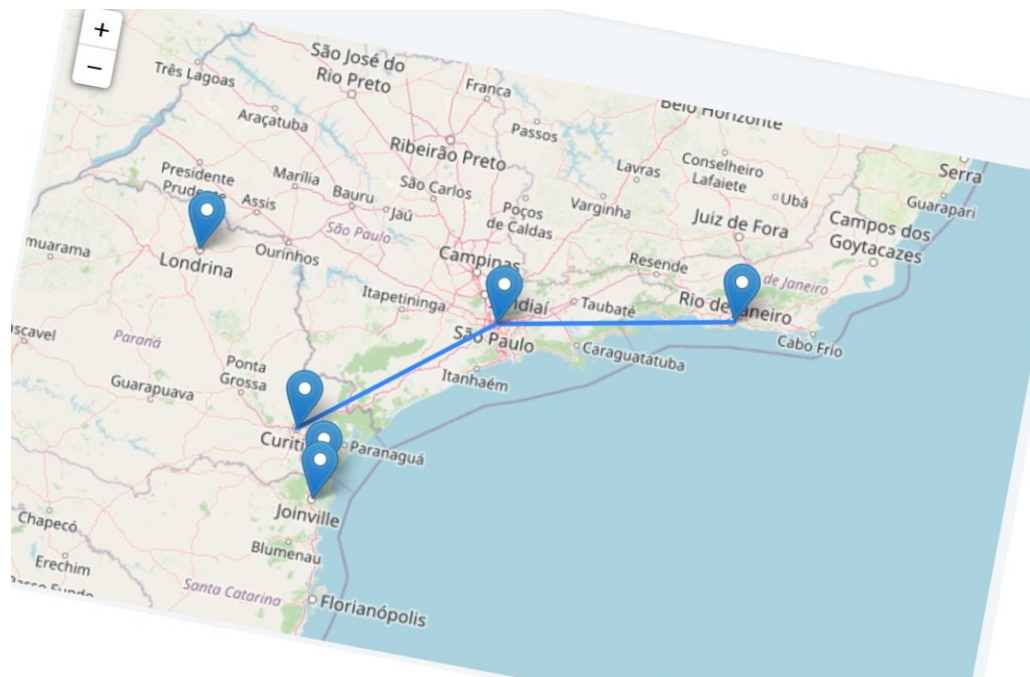
**Rota**

Terminal de início	Horário de início	Terminal de chegada	Horário de chegada	Tipo de veículo	Ocupação
Recife	26 Jan 2021 (20:00 - 00:00)	Recife	27 Jan 2021 (00:00 - 04:00)	Carga mantida no armazém	0%
Recife	27 Jan 2021 (00:00 - 04:00)	Belo Horizonte	28 Jan 2021 (04:00 - 08:00)	Terceirizado fracionário	78%
Belo Horizonte	28 Jan 2021 (04:00 - 08:00)	Curitiba	28 Jan 2021 (20:00 - 00:00)	Frota própria	94%
Curitiba	28 Jan 2021 (20:00 - 00:00)	Garuva	29 Jan 2021 (00:00 - 04:00)	Terceirizado fracionário	47%

FONTE: O autor (2021)

Clicando em “Mostrar no mapa” é possível visualizar a rota de cada demanda. A FIGURA 22 demonstra o caso em que a demanda tem origem no Rio de Janeiro-RJ, realiza uma parada em São Paulo-SP e finaliza o trajeto chegando na cidade de Curitiba-PR.

FIGURA 22 – ROTA DE UMA DEMANDA



FONTE: O autor (2021)

Também são listados todos os trechos planejados, indicando o tipo de transporte e a capacidade ocupada (FIGURA 23). Vale ressaltar que um trecho com ocupação de 0% significa que um veículo percorreu o trecho vazio.

FIGURA 23 – ROTAS DO PLANEJAMENTO

Rotas					
Terminal de início	Horário de início	Terminal de chegada	Horário de chegada	Tipo de veículo	Ocupação
São Paulo	27 Jan 2021 (20:00 - 00:00)	Curitiba	28 Jan 2021 (04:00 - 08:00)	Terceirizado fracionário	47%
Joinville	28 Jan 2021 (04:00 - 08:00)	Foz do Iguaçu	28 Jan 2021 (16:00 - 20:00)	Frota própria	88%
Rio de Janeiro	27 Jan 2021 (20:00 - 00:00)	Belo Horizonte	28 Jan 2021 (04:00 - 08:00)	Frota própria	47%
Belo Horizonte	28 Jan 2021 (04:00 - 08:00)	Curitiba	28 Jan 2021 (20:00 - 00:00)	Frota própria	94%
Joinville	27 Jan 2021 (04:00 - 08:00)	Foz do Iguaçu	27 Jan 2021 (16:00 - 20:00)	Terceirizado fracionário	6%
Curitiba	27 Jan 2021 (20:00 - 00:00)	São Paulo	28 Jan 2021 (04:00 - 08:00)	Frota própria	97%
Londrina	27 Jan 2021 (00:00 - 04:00)	São Paulo	27 Jan 2021 (08:00 - 12:00)	Terceirizado de lotação	91%
Recife	27 Jan 2021 (00:00 - 04:00)	Belo Horizonte	28 Jan 2021 (04:00 - 08:00)	Terceirizado fracionário	78%
Curitiba	28 Jan 2021 (20:00 - 00:00)	Garuva	29 Jan 2021 (00:00 - 04:00)	Terceirizado fracionário	47%
Belo Horizonte	26 Jan 2021 (20:00 - 00:00)	Londrina	27 Jan 2021 (12:00 - 16:00)	Terceirizado fracionário	22%
Garuva	27 Jan 2021 (12:00 - 16:00)	Curitiba	27 Jan 2021 (16:00 - 20:00)	Frota própria	0%
Belo Horizonte	27 Jan 2021 (04:00 - 08:00)	Brasília	27 Jan 2021 (16:00 - 20:00)	Terceirizado de lotação	97%
Garuva	28 Jan 2021 (00:00 - 04:00)	Joinville	28 Jan 2021 (04:00 - 08:00)	Frota própria	0%

FONTE: O autor (2021)

Para a criação via arquivo JSON, deve-se adicionar o arquivo e todo o processo é realizado automaticamente. Após a otimização, o usuário é direcionado diretamente para a tela de resultados. Vale ressaltar que, neste tipo de criação, o usuário também pode retornar para qualquer passo anterior, clicando no passo desejado, no *wizard steps* de cada página.

O arquivo JSON deve conter as seguintes informações: discretização de tempo, localização de cada terminal (latitude e longitude), número de veículos de frota própria inicialmente em cada terminal, terminal e instante de tempo de origem e destino de cada demanda e tamanho das demandas.

## 6 CONCLUSÕES

Neste trabalho, foi solucionado o problema de consolidação de cargas por meio de uma proposta matheurística, que utiliza inicialmente uma heurística e, em seguida, um modelo de Programação Linear Inteira Mista. A solução foi integrada de maneira inovadora com a plataforma de programação em nuvem, Outsystems, onde todo o framework de solução foi desenvolvido.

O trabalho apresenta a literatura correlata sobre o tema, identificando as diferentes abordagens utilizadas, apresentando as técnicas de solução, as metodologias e os resultados obtidos. Foi proposto um novo modelo matemático, inspirado em trabalhos anteriores relatados na revisão de literatura. Este modelo realiza a otimização de consolidações por meio da escolha de possíveis caminhos, para cada demanda. Os caminhos são gerados na heurística proposta. Além da consolidação das cargas, o modelo matemático realiza decisões perante a melhor categoria de transporte para cada trecho, havendo as opções de frota própria, LTL e TL.

A parte exata da solução proposta foi resolvida pelo solver Gurobi, por meio de uma *Web API*, desenvolvida no Visual Studio, com programação controlada internamente na linguagem C#. Foram implementadas restrições de capacidade para os veículos e restrições de limite de entrega, em um planejamento tático de todos os movimentos, em uma rede híbrida, com múltiplas instalações intermediárias. A forma final do desenvolvimento computacional do trabalho é apresentada como uma aplicação *Web*, que resolve o problema proposto.

Como resultado, foi possível observar valores da função objetivo muito próximos para todos os cenários de testes, em cada uma das instâncias resolvidas. A pequena variação encontrada, ocorreu devido a utilização da heurística inicial de geração de caminhos, necessário para a criação do modelo matemático, o que pode não resultar em valores ótimos. Em instâncias pequenas, este valor aparentou convergir para o ótimo global.

Os resultados mostraram ser influenciados pelos valores de custos de cada categoria e transporte e, também, dependem da disposição das demandas de cada instância. Se, por exemplo, uma instância possui demandas com baixos volumes, em relação a capacidade do veículo, e as datas de coleta e entrega não permitam grande variação de possibilidades para consolidação, a diferença entre os custos não possui

influência significativa. Isso ocorre pois para transportes com ocupação muito baixa, a categoria LTL tende a ser mais vantajosa.

Apesar de pouca variação no valor da função objetivo, os indicadores logísticos e o tempo de execução apresentaram variações significativas. Também foi concluído que há pouco impacto, em tempo acrescido, para resolver este problema de maneira on-line.

O trabalho possibilitou acesso à solução de maneira on-line, por meio de um navegador *Web*, que pode ser acessado de um computador ou dispositivo móvel. O resultado é um software com capacidade de geração de um produto. Dessa maneira, foi possível verificar o desempenho para o desenvolvimento de ferramentas de otimização nas diretrizes e nos conceitos da Indústria 4.0, aplicadas à Gestão de Operações e Logística, ou, de forma geral, à Gestão da Cadeia de Suprimentos 4.0.

Como sugestão para trabalhos futuros, tem-se:

- Aprimorar a heurística de geração de caminhos de demandas, reduzindo a variação do tempo computacional para o mesmo cenário;
- Utilizar um provedor na nuvem com processamento superior, a fim de reduzir o tempo computacional despendido;
- Utilizar custos mais realistas para as categorias de transporte, provenientes da tabela de fretes mínimos para veículos terceirizados e com cálculos de preço do combustível, pedágios, depreciação, entre outros, para frota própria;
- Aprimorar a aplicação *Web* proposta, tornando a interface mais amigável ao usuário e integrando as rotas a um roteirizador, de maneira que seja possível visualizar toda a resposta da solução no mapa;
- Propor uma aplicação *mobile*, para os motoristas verificarem suas rotas e cargas a serem carregadas;
- Testar a exaustão do modelo matemático com instâncias maiores;

## REFERÊNCIAS

- AMERICAN TRUCKING ASSOCIATIONS. **Trucks move roughly 71.4% of the nation's freight by weight. That is just one of many statistics calculated and tracked by American Trucking Associations' professional staff that you can learn about here**. 2018. Disponível em: <<https://www.trucking.org/economics-and-industry-data>>. Acesso em: 08 maio 2020.
- ANVAY SONPIMPLE. Allied Market Research. **Third-party Logistics (3PL) Market**. 2020. Disponível em: <<https://www.alliedmarketresearch.com/3pl-market>>. Acesso em: 03 maio 2020.
- ARMSTRONG & ASSOCIATES INC.. **Global 3PL Market Size Estimates**. 2020. Disponível em: <<https://www.3plogistics.com/3pl-market-info-resources/3pl-market-information/global-3pl-market-size-estimates/>>. Acesso em: 03 maio 2020.
- BALLOU, Ronald H. **Logística Empresarial**: Transportes, Administração de Materiais e Distribuição Física. São Paulo: Atlas, 1993.
- BARRETO, Alcyrus Vieira Pinto; HONORATO, Cezar de Freitas. **Manual de sobrevivência na selva acadêmica**. Rio de Janeiro: Objeto Direto, 1998.
- BERMAN, Oded; WANG, Qian. Inbound logistic planning: Minimizing transportation and inventory cost. **Transportation Science**, v. 40, n. 3, p. 287–299, 2006.
- CAMPBELL, James F. A continuous approximation model for time definite many-to-many transportation. **Transportation Research Part B: Methodological**, v. 54, p. 100–112, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.trb.2013.04.002>>.
- CASTRO, Newton de. Estrutura e desempenho do setor de transporte rodoviário de carga. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, abr. 1988.
- ÇETINKAYA, Sila; TEKIN, Eylem; LEE, Chungyee Y. A stochastic model for joint inventory and outbound shipment decisions. **IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)**, v. 40, n. 3, p. 324–340, 2008.
- CNT. Confederação Nacional do Transporte, CNT. **Boletim Estatístico**. Brasília, 2021. Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/boletins>>. Acesso em: 02 maio 2021.
- CNT. Confederação Nacional do Transporte, CNT. **Pesquisa CNT perfil dos caminhoneiros 2019**. Brasília, 2019. Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/estudo/perfil-dos-caminhoneiros>>. Acesso em: 11 junho 2020.
- CRAINIC, Teodor Gabriel; HEWITT, Mike; TOULOUSE, Michel; *et al.* Scheduled service network design with resource acquisition and management. **EURO Journal on Transportation and Logistics**, v. 7, n. 3, p. 277–309, 2018.

CRAINIC, Teodor Gabriel; LAPORTE, Gilbert. Planning models for freight transportation. **European Journal of Operational Research**, v. 97, n. 3, p. 409-438, 1997.

CUNHA, Claudio B.; SILVA, Marcos Roberto. A genetic algorithm for the problem of configuring a hub-and-spoke network for a LTL trucking company in Brazil. **European Journal of Operational Research**, v. 179, n. 3, p. 747-758, 2007.

CYGANCZUK, M. S. **Modelo de Otimização Para o Problema de Escalonamento dos Motoristas de Caminhão Com Base na Regulamentação Brasileira**. 2017. 87. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2017

DAHLBERG, Joen; ENGEVALL, Stefan; GÖTHE-LUNDGREN, Maud. Consolidation in urban freight transportation-cost allocation models. **Asia-Pacific Journal of Operational Research**, v. 35, n. 4, p. 1-23, 2018.

ERERA, Alan; HEWITT, Michael; SAVELSBERGH, Martin; ZHANG, Yang. Improved Load Plan Design Through Integer Programming Based Local Search. **Transportation Science**, v. 47, n. 3, p. 412-427, 2013.

ESTRADA-ROMEUE, Miquel; ROBUSTÉ, Francesc. Stopover and hub-and-spoke shipment strategies in less-than-truckload carriers. **Transportation Research Part E**, v. 76, p. 108-121, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tre.2015.02.006>>.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas: com aplicações em Arena**. 2. ed. Visual Books, 2008.

FRETEBRAS. **Página inicial**. 2020. Disponível em: <<https://www.fretebras.com.br>>. Acesso em: 07 maio 2020.

FLEURY, P.F., FIGUEIREDO, K., WANKE, P. (org.). **Logística Empresarial: A Perspectiva Brasileira**. Coleção COPPEAD de Administração. São Paulo: Atlas, 2000.

GEOFFRION, A. M., GRAVES G. W. Multicommodity distribution system design by Benders decomposition. **Management Science**, v. 20, p. 822-844, 1974.

GUASTAROBBA, G.; SPERANZA, M. G.; VIGO, D. Intermediate facilities in freight transportation planning: A survey. **Transportation Science**, v. 50, n. 3, p. 763-789, 2016.

GUROBI OPTIMIZATION. **Gurobi Optimizer**. Disponível em: <<https://www.gurobi.com/products/gurobi-optimizer/>>. Acesso em: 03 maio 2020.

HANBAZAZAH, Abdulkader S.; ABRIL, Luis; ERKOC, Murat; *et al.* Freight consolidation with divisible shipments, delivery time windows, and piecewise



transportation costs. **European Journal of Operational Research**, v. 276, n. 1, p. 187–201, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.12.043>>.

HARKS, Tobias; KÖNIG, Felix G.; MATUSCHKE, Jannik; *et al.* An integrated approach to tactical transportation planning in logistics networks. **Transportation Science**, v. 50, n. 2, p. 439–460, 2016.

HEWITT, Mike. Enhanced dynamic discretization discovery for the continuous time load plan design problem. **Transportation Science**, v. 53, n. 6, p. 1731–1750, 2019.

JACKSON, G.C. A survey of freight consolidation practices. **Journal of business logistics**, v. 6, n. 1, p. 13–31, 1985.

JAY, Sarah M.; DAWSON, Drew; FERGUSON, Sally A.; *et al.* Driver fatigue during extended rail operations. **Applied Ergonomics**, v. 39, n. 5, p. 623–629, 2008.

KE, Ginger Y.; BOOKBINDER, James H. Coordinating the discount policies for retailer, wholesaler, and less-than-truckload carrier under price-sensitive demand: A tri-level optimization approach. **International Journal of Production Economics**, v. 196, n. October 2017, p. 82–100, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.10.026>>.

LAPIERRE, Sophie D.; RUIZ, Angel B.; SORIANO, Patrick. Designing distribution networks: Formulations and solutions heuristic. **Transportation Science**, v. 38, n. 2, p. 174–187, 2004.

LINDSEY, Kathleen; ERERA, Alan; SAVELSBERGH, Martin. Improved integer programming-based neighborhood search for less-Than-Truckload load plan design. **Transportation Science**, v. 50, n. 4, p. 1360–1379, 2016.

LOUWERSE, Ilse; MIJNARENDS, Jos; MEUFFELS, Ineke; *et al.* Scheduling movements in the network of an express service provider. **Flexible Services and Manufacturing Journal**, v. 26, n. 4, p. 565–584, 2014.

LUCAS AGRELA. Exame. **Apps ajudam caminhoneiros a encontrar cargas pelo país**. 2016. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/tecnologia/apps-ajudam-caminhoneiros-a-encontrar-cargas-pelo-pais>>. Acesso em: 07 maio 2020.

MESA-ARANGO, Rodrigo; UKKUSURI, Satish V. Benefits of in-vehicle consolidation in less than truckload freight transportation operations. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 60, p. 113–125, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tre.2013.05.007>>.

MIAO, Zhaowei; FU, Ke; YANG, Feng. A hybrid genetic algorithm for the multiple crossdocks problem. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2012, p. 2–4, 2012.

MICROSOFT. **Visual Studio 2019**. Disponível em: <<https://visualstudio.microsoft.com/pt-br/vs/>>. Acesso em: 07 fevereiro 2021.

Ministério da Ciência Tecnologia Inovações e Comunicações. **Número de usuários da banda larga 4G registra crescimento de 193% em um ano.** 2016. Disponível em:

<[http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/salaImprensa/noticias/arquivos/migracao/2016/09/Numero\\_de\\_usuarios\\_da\\_banda\\_larga\\_4G\\_registra\\_crescimento\\_de\\_193\\_em\\_um\\_ano.html](http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/salaImprensa/noticias/arquivos/migracao/2016/09/Numero_de_usuarios_da_banda_larga_4G_registra_crescimento_de_193_em_um_ano.html)>. Acesso em: 06 maio 2020.

NGROK. **What is ngrok?**. Disponível em: < <https://ngrok.com/product>>. Acesso em: 15 fevereiro 2021.

NGUYEN, Christine; DESSOUKY, Maged; TORIELLO, Alejandro. Consolidation strategies for the delivery of perishable products. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 69, p. 108–121, 2014.

NGUYEN, Christine; TORIELLO, Alejandro; DESSOUKY, Maged; *et al.* Evaluation of transportation practices in the California cut flower industry. **Interfaces**, v. 43, n. 2, p. 182–193, 2013.

ONU Brasil. **Pesquisador brasileiro alerta para riscos de manipulação dos usuários no mundo digital.** 2019. Disponível em:

<<https://nacoesunidas.org/pesquisador-brasileiro-alerta-para-riscos-de-manipulacao-dos-usuarios-mundo-digital>>. Acesso em: 06 maio 2020.

OUTSYSTEMS. **Why OutSystems?** Disponível em:

<https://www.outsystems.com/evaluation-guide/why-outsystems/>. Acesso em: 03 maio 2020.

QIN, Hu; ZHANG, Zizhen; QI, Zhuxuan; *et al.* The freight consolidation and containerization problem. **European Journal of Operational Research**, v. 234, n. 1, p. 37–48, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2013.09.015>>.

PRINCE, Samuel. Market Realist. **How Did Operating Margins of Less-than-Truckload Carriers Stack Up?** 2017. Disponível em:

<<https://marketrealist.com/2017/09/how-did-operating-margins-of-less-than-truckload-carriers-stack-up>>. Acesso em: 08 maio 2020.

SCHROEDER, Élcio Mário; CASTRO, José Carlos de. Transporte rodoviário de carga no Brasil: situação atual e perspectivas. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 6, p. 173-187, dez. 1996.

SERPRO. **Aplicativo InfraBr auxilia governo a levantar condições de saúde de caminhoneiros.** 2020. Disponível em:

<<https://www.serpro.gov.br/menu/noticias/noticias-2020/aplicativo-infrabr-auxilia-governo-a-levantar-condicoes-de-saude-de-caminhoneiros>>. Acesso em: 05 maio 2020>.

SONG, Haiqing; HSU, Vernon N.; CHEUNG, Raymond K. Distribution coordination between suppliers and customers with a consolidation center. **Operations Research**, v. 56, n. 5, p. 1264–1277, 2008.

TERRA, Pedro; FASSINA, Roseneide; LIBÓRIO, Tarcísio; *et al.* **MODELO DE NEGÓCIO PARA DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO COLABORATIVO DE MAPEAMENTO DO TRÂNSITO EM TEMPO REAL**. 2018. 51 f. Monografia (Especialização) — Curso de Gestão de Negócios, Fundação Dom Cabral, São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.itl.org.br/jspui/bitstream/123456789/286/1/Modelo%20de%20neg%c3%b3cio%20para%20desenvolvimento%20de%20um%20aplicativo%20colaborativo.pdf>>. Acesso em: 06 maio 2020.

THOMAS, D.J.; GRIFFIN, P.M. Coordinated supply chain management. **European Journal of Operational Research**, v. 94, n. 1, p. 1–15, 1996.

TRUCKPAD. **Sobre a TruckPad**. 2020. Disponível em: <<https://www.truckpad.com.br/sobre-a-truckpad>>. Acesso em: 07 maio 2020.

TYAN, Jonah C.; WANG, Fu Kwun; DU, Timon C. An evaluation of freight consolidation policies in global third party logistics. **Omega**, v. 31, n. 1, p. 55–62, 2003.

ÜSTER, Halit; AGRAHARI, Homarjun. An integrated load-planning problem with intermediate consolidated truckload assignments. **IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)**, v. 42, n. 7, p. 490–513, 2010.

VERGARA, Hector A.; ROOT, Sarah. Mixed fleet dispatching in truckload relay network design optimization. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 54, p. 32–49, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tre.2013.04.001>>.

ZHOU, Wei; LIN, Jane. An On-Demand Same-Day Delivery Service Using Direct Peer-to-Peer Transshipment Strategies. **Networks and Spatial Economics**, p. 1–35, 2018.

## APÊNDICE

TABELA 13 – RESULTADO DOS TESTES DA INSTÂNCIA 1

Indicador	Mínimo	Média	Máximo	Desvio padrão
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4				
z	7,1835	7,1835	7,1835	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0637	0,0938	0,1046	0,0433
Tempo para otimizar (s)	0,0486	0,0717	0,0838	0,0190
Distância total percorrida (km)	1054,7515	1359,3946	1393,2438	101,5477
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	25,8333	25,0000	2,5000
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	48,3333	50,0000	5,0000
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	25,8333	25,0000	2,5000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	93,7500	93,7500	0,0000
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	100,0000	100,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4				
z	7,3246	7,3246	7,3246	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0786	0,0791	0,0800	0,0103
Tempo para otimizar (s)	0,0589	0,0646	0,0638	0,0098
Distância total percorrida (km)	1054,7515	1348,1115	1393,2438	115,0653
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	26,1111	25,0000	2,8328
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	48,8889	50,0000	5,9835
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	25,0000	25,0000	5,2705
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	93,7500	93,7500	0,0000
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	96,6667	100,0000	17,9505
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4				
z	7,4738	7,4738	7,4738	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0768	0,0819	0,0843	0,0149
Tempo para otimizar (s)	0,0628	0,0677	0,0708	0,0151
Distância total percorrida (km)	1054,7515	1347,4569	1393,2438	147,3706
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	24,7222	25,0000	5,0384
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	48,8889	50,0000	4,1574
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	26,3889	25,0000	4,8512
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	90,6250	93,7500	16,8286
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	100,0000	100,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Indicador	Mínimo	Média	Máximo	Desvio padrão
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4				
z	7,6148	7,6148	7,6148	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0705	0,0756	0,0802	0,0108
Tempo para otimizar (s)	0,0578	0,0625	0,0639	0,0108
Distância total percorrida (km)	1054,7515	1348,1115	1393,2438	115,0653
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	26,1111	25,0000	2,8328
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	48,8889	50,0000	5,9835
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	25,0000	25,0000	5,2705
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	93,7500	93,7500	0,0000
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	96,6667	100,0000	17,9505
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5				
z	7,3246	7,3246	7,3246	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0866	0,0731	0,0743	0,0119
Tempo para otimizar (s)	0,0738	0,0596	0,0568	0,0119
Distância total percorrida (km)	1054,7515	1370,6776	1393,2438	84,4348
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	25,5556	25,0000	2,0787
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	48,8889	50,0000	4,1574
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	25,5556	25,0000	2,0787
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	93,7500	93,7500	0,0000
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	100,0000	100,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5				
z	7,4656	7,4656	7,4656	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0529	0,0687	0,0709	0,0110
Tempo para otimizar (s)	0,0408	0,0554	0,0571	0,0105
Distância total percorrida (km)	1393,2438	1381,9607	1393,2438	60,7612
Trechos realizados com Frota Própria (%)	25,0000	25,2778	25,0000	1,4959
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	49,4444	50,0000	2,9918
Trechos realizados com TL (%)	25,0000	25,2778	25,0000	1,4959
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	93,7500	93,7500	0,0000
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0001	100,0000	100,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5				
z	7,6148	7,6148	7,6148	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0739	0,0778	0,0980	0,0102
Tempo para otimizar (s)	0,0611	0,0639	0,0838	0,0096

Indicador	Mínimo	Média	Máximo	Desvio padrão
Distância total percorrida (km)	1393,2438	1359,3946	1393,2438	133,9791
Trechos realizados com Frota Própria (%)	25,0000	26,1111	25,0000	4,6812
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	49,4444	50,0000	2,9918
Trechos realizados com TL (%)	25,0000	24,4444	25,0000	4,7791
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	93,7500	93,7500	0,0000
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	96,6667	100,0000	17,9505
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5				
z	7,7559	7,7559	7,7559	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0802	0,0676	0,0670	0,0125
Tempo para otimizar (s)	0,0668	0,0541	0,0539	0,0125
Distância total percorrida (km)	1393,2438	1381,9607	1393,2438	60,7612
Trechos realizados com Frota Própria (%)	25,0000	25,2778	25,0000	1,4959
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	49,4444	50,0000	2,9918
Trechos realizados com TL (%)	25,0000	25,2778	25,0000	1,4959
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	93,7500	93,7500	0,0000
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	100,0000	100,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,4				
Tempo para resolver (s)	0,0781	0,0783	0,0612	0,0210
Tempo para otimizar (s)	0,0639	0,0644	0,0499	0,0209
Distância total percorrida (km)	716,2591	1290,3869	1393,2438	282,7497
Trechos realizados com Frota Própria (%)	50,0000	24,4444	25,0000	8,0316
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	52,7778	50,0000	12,9696
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	22,7778	25,0000	7,7380
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	87,5000	93,7500	23,3854
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	90,0000	100,0000	30,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,4				
z	7,4153	7,4153	7,4153	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0598	0,0702	0,0786	0,0143
Tempo para otimizar (s)	0,0489	0,0573	0,0635	0,0129
Distância total percorrida (km)	358,1296	1312,9531	1393,2438	262,3040
Trechos realizados com Frota Própria (%)	0,0000	23,6111	25,0000	6,4848
Trechos realizados com LTL (%)	100,0000	52,7778	50,0000	12,9696
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	23,6111	25,0000	6,4848
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	0,0000	87,5000	93,7500	23,3854

Indicador	Mínimo	Média	Máximo	Desvio padrão
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	93,3333	100,0000	24,9444
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,4				
z	7,5645	7,5645	7,5645	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0483	0,0858	0,0657	0,0237
Tempo para otimizar (s)	0,0362	0,0707	0,0549	0,0213
Distância total percorrida (km)	1393,2438	1381,9607	1393,2438	60,7612
Trechos realizados com Frota Própria (%)	25,0000	25,2778	25,0000	1,4959
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	49,4444	50,0000	2,9918
Trechos realizados com TL (%)	25,0000	25,2778	25,0000	1,4959
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	93,7500	93,7500	0,0000
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	100,0000	100,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,4				
z	7,7055	7,7055	7,7055	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0774	0,0744	0,0660	0,0206
Tempo para otimizar (s)	0,0658	0,0602	0,0538	0,0182
Distância total percorrida (km)	1393,2438	1370,0231	1393,2438	86,9210
Trechos realizados com Frota Própria (%)	25,0000	24,4444	25,0000	4,7791
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	50,0000	50,0000	4,3033
Trechos realizados com TL (%)	25,0000	25,5556	25,0000	2,0787
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	90,6250	93,7500	16,8286
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0001	100,0000	100,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,5				
z	7,4153	7,4153	7,4153	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,1002	0,0805	0,0758	0,0215
Tempo para otimizar (s)	0,0768	0,0643	0,0628	0,0176
Distância total percorrida (km)	1393,2438	1381,9607	1393,2438	60,7612
Trechos realizados com Frota Própria (%)	25,0000	25,2778	25,0000	1,4959
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	49,4444	50,0000	2,9918
Trechos realizados com TL (%)	25,0000	25,2778	25,0000	1,4959
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	93,7500	93,7500	0,0000
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	100,0000	100,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Indicador	Mínimo	Média	Máximo	Desvio padrão
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,5				
z	7,5563	7,5563	7,5563	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0729	0,0706	0,0636	0,0111
Tempo para otimizar (s)	0,0599	0,0579	0,0525	0,0106
Distância total percorrida (km)	358,1296	1290,3869	1393,2438	268,9032
Trechos realizados com Frota Própria (%)	0,0000	24,1667	25,0000	6,9222
Trechos realizados com LTL (%)	100,0000	52,7778	50,0000	13,6649
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	23,0556	25,0000	7,9592
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	0,0000	87,5000	93,7500	23,3854
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	90,0000	100,0000	30,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,5				
z	7,7055	7,7055	7,7055	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0614	0,0812	0,0812	0,0213
Tempo para otimizar (s)	0,0488	0,0657	0,0696	0,0185
Distância total percorrida (km)	1393,2438	1347,4569	1393,2438	147,3706
Trechos realizados com Frota Própria (%)	25,0000	24,7222	25,0000	5,0384
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	48,8889	50,0000	4,1574
Trechos realizados com TL (%)	25,0000	26,3889	25,0000	4,8512
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	90,6250	93,7500	16,8286
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	100,0000	100,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,5				
z	7,8466	7,8466	7,8466	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0576	0,0786	0,1186	0,0223
Tempo para otimizar (s)	0,0456	0,0626	0,0957	0,0177
Distância total percorrida (km)	1393,2438	1393,2438	1393,2438	0,0000
Trechos realizados com Frota Própria (%)	25,0000	25,0000	25,0000	0,0000
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	50,0000	50,0000	0,0000
Trechos realizados com TL (%)	25,0000	25,0000	25,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	93,7500	93,7500	0,0000
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	100,0000	100,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4				
z	7,3234	7,3234	7,3234	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0535	0,0729	0,0812	0,0210



Indicador	Mínimo	Média	Máximo	Desvio padrão
Tempo para otimizar (s)	0,0419	0,0588	0,0661	0,0186
Distância total percorrida (km)	1393,2438	1393,2438	1393,2438	0,0000
Trechos realizados com Frota Própria (%)	25,0000	25,0000	25,0000	0,0000
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	50,0000	50,0000	0,0000
Trechos realizados com TL (%)	25,0000	25,0000	25,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	93,7500	93,7500	0,0000
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	100,0000	100,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4				
z	7,4645	7,4645	7,4645	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0592	0,0750	0,0668	0,0210
Tempo para otimizar (s)	0,0469	0,0612	0,0538	0,0188
Distância total percorrida (km)	358,1296	1347,4569	1393,2438	193,4895
Trechos realizados com Frota Própria (%)	0,0000	24,4444	25,0000	4,7791
Trechos realizados com LTL (%)	100,0000	51,1111	50,0000	9,5581
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	24,4444	25,0000	4,7791
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	0,0000	90,6250	93,7500	16,8286
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	96,6667	100,0000	17,9505
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4				
z	7,6137	7,6137	7,6137	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,1446	0,0839	0,0635	0,0272
Tempo para otimizar (s)	0,1326	0,0692	0,0511	0,0255
Distância total percorrida (km)	1393,2438	1393,2438	1393,2438	0,0000
Trechos realizados com Frota Própria (%)	25,0000	25,0000	25,0000	0,0000
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	50,0000	50,0000	0,0000
Trechos realizados com TL (%)	25,0000	25,0000	25,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	93,7500	93,7500	0,0000
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	100,0000	100,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4				
z	7,7547	7,7547	7,7547	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0895	0,0707	0,0424	0,0197
Tempo para otimizar (s)	0,0768	0,0571	0,0310	0,0169
Distância total percorrida (km)	1035,1142	1346,1478	1393,2438	151,5827
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	24,7222	25,0000	5,0384
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	48,8889	50,0000	4,1574

Indicador	Mínimo	Média	Máximo	Desvio padrão
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	26,3889	25,0000	4,8512
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	90,6250	93,7500	16,8286
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	100,0000	100,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5				
z	7,4645	7,4645	7,4645	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0751	0,0687	0,0808	0,0100
Tempo para otimizar (s)	0,0631	0,0557	0,0659	0,0091
Distância total percorrida (km)	358,1296	1301,6700	1393,2438	265,8636
Trechos realizados com Frota Própria (%)	0,0000	23,8889	25,0000	6,7128
Trechos realizados com LTL (%)	100,0000	53,3333	50,0000	13,1937
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	22,7778	25,0000	7,7380
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	0,0000	87,5000	93,7500	23,3854
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	90,0000	100,0000	30,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5				
z	7,6055	7,6055	7,6055	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0812	0,0695	0,0620	0,0222
Tempo para otimizar (s)	0,0668	0,0538	0,0461	0,0178
Distância total percorrida (km)	1393,2438	1370,6776	1393,2438	84,4348
Trechos realizados com Frota Própria (%)	25,0000	25,5556	25,0000	2,0787
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	48,8889	50,0000	4,1574
Trechos realizados com TL (%)	25,0000	25,5556	25,0000	2,0787
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	93,7500	93,7500	0,0000
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	100,0000	100,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5				
z	7,7547	7,7547	7,7547	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0743	0,0779	0,0807	0,0270
Tempo para otimizar (s)	0,0598	0,0633	0,0682	0,0245
Distância total percorrida (km)	358,1296	1268,4754	1393,2438	241,5379
Trechos realizados com Frota Própria (%)	0,0000	26,6667	25,0000	7,2648
Trechos realizados com LTL (%)	100,0000	49,4444	50,0000	11,7720
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	23,8889	25,0000	8,5346
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	0,0000	90,6250	93,7500	16,8286
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	90,0000	100,0000	30,0000

Indicador	Mínimo	Média	Máximo	Desvio padrão
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5				
z	7,8958	7,8958	7,8958	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0970	0,0706	0,0672	0,0168
Tempo para otimizar (s)	0,0828	0,0566	0,0534	0,0162
Distância total percorrida (km)	1393,2438	1381,9607	1393,2438	60,7612
Trechos realizados com Frota Própria (%)	25,0000	25,2778	25,0000	1,4959
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	49,4444	50,0000	2,9918
Trechos realizados com TL (%)	25,0000	25,2778	25,0000	1,4959
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	93,7500	93,7500	0,0000
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	99,9999	100,0000	100,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,4				
z	7,4141	7,4141	7,4141	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0549	0,0639	0,0549	0,0086
Tempo para otimizar (s)	0,0439	0,0512	0,0429	0,0085
Distância total percorrida (km)	1054,7515	1359,3946	1393,2438	101,5477
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	25,8333	25,0000	2,5000
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	48,3333	50,0000	5,0000
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	25,8333	25,0000	2,5000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	93,7500	93,7500	0,0000
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	100,0000	100,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,4				
z	7,5552	7,5552	7,5552	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0587	0,0762	0,0703	0,0203
Tempo para otimizar (s)	0,0475	0,0619	0,0573	0,0178
Distância total percorrida (km)	696,6219	1290,3869	1393,2438	202,1603
Trechos realizados com Frota Própria (%)	0,0000	24,7222	25,0000	7,2913
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	47,2222	50,0000	6,2113
Trechos realizados com TL (%)	50,0000	28,0556	25,0000	6,6260
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	0,0000	87,5000	93,7500	23,3854
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	100,0000	100,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,4				

Indicador	Mínimo	Média	Máximo	Desvio padrão
z	7,7044	7,7044	7,7044	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0735	0,0809	0,0978	0,0213
Tempo para otimizar (s)	0,0617	0,0673	0,0809	0,0195
Distância total percorrida (km)	1393,2438	1381,9607	1393,2438	60,7612
Trechos realizados com Frota Própria (%)	25,0000	25,2778	25,0000	1,4959
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	49,4444	50,0000	2,9918
Trechos realizados com TL (%)	25,0000	25,2778	25,0000	1,4959
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	93,7500	93,7500	0,0000
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	100,0000	100,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,4

z	7,8454	7,8454	7,8454	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,1165	0,0800	0,1090	0,0217
Tempo para otimizar (s)	0,0913	0,0650	0,0848	0,0183
Distância total percorrida (km)	1054,7515	1348,1115	1393,2438	144,4939
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	26,3889	25,0000	4,8512
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	48,8889	50,0000	4,1574
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	24,7222	25,0000	5,0384
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	93,7500	93,7500	0,0000
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	96,6667	100,0000	17,9505
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,5

z	7,5552	7,5552	7,5552	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0647	0,0742	0,0579	0,0208
Tempo para otimizar (s)	0,0489	0,0600	0,0455	0,0188
Distância total percorrida (km)	1393,2438	1336,8284	1393,2438	153,4664
Trechos realizados com Frota Própria (%)	25,0000	26,6667	25,0000	5,0000
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	49,4444	50,0000	5,2411
Trechos realizados com TL (%)	25,0000	23,8889	25,0000	6,7128
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	93,7500	93,7500	0,0000
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	93,3333	100,0000	24,9444
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,5

z	7,6962	7,6962	7,6962	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0874	0,0718	0,0517	0,0205
Tempo para otimizar (s)	0,0762	0,0591	0,0411	0,0192
Distância total percorrida (km)	1393,2438	1381,9607	1393,2438	60,7612

Indicador	Mínimo	Média	Máximo	Desvio padrão
Trechos realizados com Frota Própria (%)	25,0000	25,2778	25,0000	1,4959
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	49,4444	50,0000	2,9918
Trechos realizados com TL (%)	25,0000	25,2778	25,0000	1,4959
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	93,7500	93,7500	0,0000
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	100,0000	100,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,5				
z	7,8454	7,8454	7,8454	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,0512	0,0669	0,0536	0,0175
Tempo para otimizar (s)	0,0389	0,0544	0,0429	0,0161
Distância total percorrida (km)	1393,2438	1324,2362	1393,2438	164,7633
Trechos realizados com Frota Própria (%)	25,0000	24,1667	25,0000	6,9222
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	51,1111	50,0000	5,9835
Trechos realizados com TL (%)	25,0000	24,7222	25,0000	8,1886
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	87,5000	93,7500	23,3854
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	93,3333	100,0000	24,9444
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,5				
z	7,9865	7,9865	7,9865	0,0000
Tempo para resolver (s)	0,1236	0,0821	0,0635	0,0209
Tempo para otimizar (s)	0,1007	0,0668	0,0499	0,0184
Distância total percorrida (km)	1393,2438	1325,5453	1393,2438	183,3283
Trechos realizados com Frota Própria (%)	25,0000	27,2222	25,0000	6,4310
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	48,8889	50,0000	4,1574
Trechos realizados com TL (%)	25,0000	23,8889	25,0000	6,7128
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	93,7500	93,7500	93,7500	0,0000
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,2500	31,2500	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	93,3333	100,0000	24,9444
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

FONTE: O autor (2021)

TABELA 14 – RESULTADO DOS TESTES DA INSTÂNCIA 2

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4				
z	31,1916	31,7291	32,0875	0,4389
Tempo para resolver (s)	0,5597	0,5938	0,6180	0,1252
Tempo para otimizar (s)	0,5042	0,5426	0,5686	0,1173
Distância total percorrida (km)	5684,7878	5957,0747	6523,8399	758,7384
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	31,4471	30,0000	3,3288
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	42,6190	50,0000	8,6021
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	25,9339	20,0000	6,2859
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	71,8750	75,2604	78,1250	3,3774
Ocupação dos veículos LTL (%)	19,7917	22,7344	24,3750	2,6287
Ocupação dos veículos TL (%)	89,5833	92,2917	93,7500	2,4738
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4				
z	32,1724	32,5548	32,7187	0,2503
Tempo para resolver (s)	0,5101	0,6638	0,6876	0,0929
Tempo para otimizar (s)	0,4663	0,6156	0,6422	0,0923
Distância total percorrida (km)	3246,6756	6190,8539	6523,8399	659,4311
Trechos realizados com Frota Própria (%)	20,0000	30,5556	30,0000	2,4470
Trechos realizados com LTL (%)	40,0000	45,2222	50,0000	7,3878
Trechos realizados com TL (%)	40,0000	24,2222	20,0000	6,5508
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	78,1250	76,4583	78,1250	2,7639
Ocupação dos veículos LTL (%)	26,5625	23,2257	24,3750	2,1072
Ocupação dos veículos TL (%)	93,7500	92,6389	93,7500	1,8426
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4				
z	31,7899	32,4470	33,0509	0,5749
Tempo para resolver (s)	0,6327	0,5942	0,5699	0,1168
Tempo para otimizar (s)	0,5808	0,5458	0,5266	0,1157
Distância total percorrida (km)	5684,7878	6015,7844	6268,8994	289,4481
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	32,9630	22,2222	1,9945
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	33,7037	44,4444	1,9945
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	33,3333	33,3333	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	71,8750	70,6076	67,1875	1,2004
Ocupação dos veículos LTL (%)	19,7917	19,8351	21,0938	0,2337
Ocupação dos veículos TL (%)	89,5833	89,5833	89,5833	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4				
z	32,7707	33,3859	33,9279	0,5755
Tempo para resolver (s)	0,6743	0,6466	0,6357	0,1114

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Tempo para otimizar (s)	0,6268	0,5984	0,5934	0,1114
Distância total percorrida (km)	5684,7878	5887,0752	6268,8994	368,7420
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	34,1071	33,3333	2,4550
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	33,5251	44,4444	2,4837
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	32,3677	22,2222	2,6475
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	71,8750	70,5556	63,5417	1,6565
Ocupação dos veículos LTL (%)	19,7917	19,6615	27,3437	2,0180
Ocupação dos veículos TL (%)	89,5833	90,0347	93,7500	1,2524
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5				
z	32,0632	32,4915	32,6750	0,2804
Tempo para resolver (s)	0,5179	0,6137	0,6448	0,1076
Tempo para otimizar (s)	0,4747	0,5645	0,5938	0,1087
Distância total percorrida (km)	5684,7878	6109,5835	6523,8399	672,2631
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	30,6111	30,0000	2,7380
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	45,1481	50,0000	8,0097
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	24,2407	20,0000	6,0289
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	79,1667	82,5694	85,4167	6,6424
Ocupação dos veículos LTL (%)	19,7917	22,8194	24,3750	2,5312
Ocupação dos veículos TL (%)	82,2917	84,9306	82,8125	4,2842
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5				
z	33,0264	33,1837	33,2886	0,1285
Tempo para resolver (s)	0,5266	0,6181	0,4531	0,0924
Tempo para otimizar (s)	0,4845	0,5696	0,4095	0,0908
Distância total percorrida (km)	5684,7878	6078,9803	6523,8399	523,8640
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	30,2262	30,0000	4,7784
Trechos realizados com LTL (%)	44,4444	54,6587	60,0000	8,9507
Trechos realizados com TL (%)	22,2222	15,1151	10,0000	5,8660
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	79,1667	83,8889	85,4167	5,2411
Ocupação dos veículos LTL (%)	34,3750	33,7222	33,3333	0,5531
Ocupação dos veículos TL (%)	84,3750	86,2500	87,5000	1,5309
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5				
z	32,6615	33,2789	33,8842	0,5777
Tempo para resolver (s)	0,5546	0,6128	0,5864	0,1358
Tempo para otimizar (s)	0,5066	0,5645	0,5343	0,1368
Distância total percorrida (km)	5304,7838	5842,2712	6268,8994	544,8743
Trechos realizados com Frota Própria (%)	37,5000	32,9167	33,3333	3,1088
Trechos realizados com LTL (%)	25,0000	33,9815	44,4444	3,9076

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Trechos realizados com TL (%)	37,5000	33,1019	22,2222	4,8124
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	79,1667	76,6667	72,9167	5,9451
Ocupação dos veículos LTL (%)	26,5625	20,4948	27,3438	2,1126
Ocupação dos veículos TL (%)	82,2917	84,4271	79,6875	3,7566
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5				
z	33,6423	34,1080	34,5154	0,4356
Tempo para resolver (s)	0,4921	0,6825	0,7617	0,1352
Tempo para otimizar (s)	0,4446	0,6313	0,7131	0,1329
Distância total percorrida (km)	5684,7878	5996,3140	6268,8994	291,4060
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	33,3333	33,3333	0,0000
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	39,2593	44,4444	5,5432
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	27,4074	22,2222	5,5432
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	71,8750	72,1875	70,8333	4,1766
Ocupação dos veículos LTL (%)	19,7917	23,8194	27,3438	3,7676
Ocupação dos veículos TL (%)	89,5833	85,2778	82,8125	4,9318
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,4				
z	31,3126	31,8417	32,3114	0,4631
Tempo para resolver (s)	0,6065	0,5831	0,5000	0,0966
Tempo para otimizar (s)	0,5616	0,5352	0,4557	0,0972
Distância total percorrida (km)	5304,7838	5934,5140	6268,8994	443,6649
Trechos realizados com Frota Própria (%)	37,5000	32,1759	22,2222	4,0901
Trechos realizados com LTL (%)	25,0000	34,3519	44,4444	4,3321
Trechos realizados com TL (%)	37,5000	33,4722	33,3333	0,7479
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	71,8750	70,7986	67,1875	1,9062
Ocupação dos veículos LTL (%)	26,5625	20,1042	21,0938	1,2424
Ocupação dos veículos TL (%)	89,5833	89,7222	89,5833	0,7479
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,4				
z	32,2934	32,7268	33,0582	0,3790
Tempo para resolver (s)	0,6020	0,6679	0,9718	0,1392
Tempo para otimizar (s)	0,5590	0,6178	0,9201	0,1393
Distância total percorrida (km)	5684,7878	6104,3139	6523,8399	472,1610
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	31,6944	30,0000	1,9541
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	43,1019	50,0000	8,3525
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	25,2037	20,0000	6,8920
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	71,8750	75,4167	78,1250	3,0971
Ocupação dos veículos LTL (%)	19,7917	22,3889	24,3750	2,2712
Ocupação dos veículos TL (%)	89,5833	92,2917	93,7500	2,4738



Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,4

z	31,9109	32,5011	33,2593	0,5911
Tempo para resolver (s)	0,7841	0,5772	0,5088	0,1071
Tempo para otimizar (s)	0,7419	0,5306	0,4638	0,1072
Distância total percorrida (km)	5684,7878	5799,0012	6268,8994	559,1027
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	32,1019	22,2222	4,2852
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	34,6204	44,4444	3,7119
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	33,2778	33,3333	1,9476
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	71,8750	71,3021	67,1875	2,1782
Ocupação dos veículos LTL (%)	19,7917	19,6441	21,0938	1,0625
Ocupação dos veículos TL (%)	89,5833	90,0000	89,5833	1,2500
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,4

z	32,8917	33,5539	34,0602	0,5790
Tempo para resolver (s)	0,5430	0,6177	0,5198	0,1179
Tempo para otimizar (s)	0,4968	0,5695	0,4741	0,1187
Distância total percorrida (km)	5684,7878	6015,7844	6268,8994	289,4481
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	33,3333	33,3333	0,0000
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	33,3333	33,3333	0,0000
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	33,3333	33,3333	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	71,8750	70,6944	69,7917	1,0324
Ocupação dos veículos LTL (%)	19,7917	19,7917	19,7917	0,0000
Ocupação dos veículos TL (%)	89,5833	89,5833	89,5833	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,5

z	32,1842	32,5993	33,0145	0,4152
Tempo para resolver (s)	0,5692	0,5988	0,6597	0,0974
Tempo para otimizar (s)	0,5146	0,5478	0,6095	0,0933
Distância total percorrida (km)	5684,7878	5967,1067	6523,8399	685,8912
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	31,4722	30,0000	2,8681
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	42,1389	50,0000	8,7392
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	26,3889	20,0000	6,5558
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	79,1667	80,1042	85,4167	6,2578
Ocupação dos veículos LTL (%)	19,7917	21,8611	24,3750	2,3802
Ocupação dos veículos TL (%)	82,2917	85,5729	82,8125	4,4523
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,5

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
z	33,1650	33,4374	33,6457	0,2382
Tempo para resolver (s)	0,8207	0,6394	0,4613	0,1296
Tempo para otimizar (s)	0,7787	0,5908	0,4159	0,1310
Distância total percorrida (km)	5684,7878	6091,6471	6523,8399	509,3852
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	30,9206	30,0000	3,4926
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	43,0159	50,0000	8,5611
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	26,0635	20,0000	6,5361
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	79,1667	78,0903	78,1250	5,2256
Ocupação dos veículos LTL (%)	19,7917	22,2795	24,3750	2,2519
Ocupação dos veículos TL (%)	82,2917	88,2986	93,7500	4,5934
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,5

z	32,7825	33,3338	34,1309	0,5902
Tempo para resolver (s)	0,4448	0,6031	0,5339	0,1325
Tempo para otimizar (s)	0,3880	0,5536	0,4654	0,1338
Distância total percorrida (km)	4333,0415	5884,3466	6268,8994	413,6393
Trechos realizados com Frota Própria (%)	28,5714	32,9431	22,2222	2,3016
Trechos realizados com LTL (%)	42,8571	34,1601	44,4444	2,6521
Trechos realizados com TL (%)	28,5714	32,8968	33,3333	1,6971
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	68,7500	75,1042	78,1250	3,8822
Ocupação dos veículos LTL (%)	19,7917	19,8351	21,0938	0,2337
Ocupação dos veículos TL (%)	84,3750	85,1736	82,2917	3,5952
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,5

z	33,7633	34,3697	34,9003	0,5672
Tempo para resolver (s)	0,5774	0,6555	0,8068	0,1194
Tempo para otimizar (s)	0,5156	0,6064	0,7626	0,1206
Distância total percorrida (km)	5684,7878	5899,7420	6268,8994	438,8192
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	33,4524	33,3333	1,3781
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	39,5437	44,4444	6,7045
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	27,0040	22,2222	6,0543
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	79,1667	70,3646	65,6250	5,6037
Ocupação dos veículos LTL (%)	19,7917	23,6285	27,3438	4,0977
Ocupação dos veículos TL (%)	82,2917	87,8125	90,6250	4,8962
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4

z	31,7848	32,2433	32,5490	0,3744
Tempo para resolver (s)	0,5176	0,5654	0,5575	0,1233
Tempo para otimizar (s)	0,4727	0,5160	0,5112	0,1233
Distância total percorrida (km)	4845,7357	5833,7732	6268,8994	586,9380

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Trechos realizados com Frota Própria (%)	25,0000	26,1111	22,2222	5,7198
Trechos realizados com LTL (%)	37,5000	40,1389	44,4444	5,8745
Trechos realizados com TL (%)	37,5000	33,7500	33,3333	3,4611
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	67,1875	69,6354	67,1875	3,1685
Ocupação dos veículos LTL (%)	19,7917	20,6424	21,0938	1,3614
Ocupação dos veículos TL (%)	89,5833	89,7569	89,5833	0,7647
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4				
z	32,7656	33,0454	33,2902	0,2617
Tempo para resolver (s)	0,4777	0,5706	0,6746	0,1193
Tempo para otimizar (s)	0,4259	0,5224	0,6283	0,1187
Distância total percorrida (km)	5684,7878	5996,3140	6268,8994	291,4060
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	33,3333	33,3333	0,0000
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	39,2593	44,4444	5,5432
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	27,4074	22,2222	5,5432
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	71,8750	67,4306	63,5417	4,1574
Ocupação dos veículos LTL (%)	19,7917	23,8194	27,3438	3,7676
Ocupação dos veículos TL (%)	89,5833	91,8056	93,7500	2,0787
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4				
z	32,3830	33,2370	33,4969	0,4711
Tempo para resolver (s)	0,5068	0,5859	0,5152	0,1010
Tempo para otimizar (s)	0,4648	0,5368	0,4579	0,0988
Distância total percorrida (km)	5684,7878	6072,5011	6268,8994	386,5466
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	24,5503	22,2222	5,0484
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	42,2751	44,4444	5,4291
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	33,1746	33,3333	0,8548
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	71,8750	68,6458	67,1875	2,6435
Ocupação dos veículos LTL (%)	19,7917	20,7899	21,0938	0,5507
Ocupação dos veículos TL (%)	89,5833	89,7222	89,5833	0,7479
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4				
z	33,3639	33,8094	34,4777	0,5457
Tempo para resolver (s)	0,4383	0,5608	0,5910	0,1163
Tempo para otimizar (s)	0,3946	0,5125	0,5450	0,1168
Distância total percorrida (km)	3626,6796	5849,8288	6268,8994	500,4295
Trechos realizados com Frota Própria (%)	16,6667	28,3333	22,2222	5,8002
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	38,3333	44,4444	5,8002
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	33,3333	33,3333	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	78,1250	70,2083	67,1875	2,7043

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Ocupação dos veículos LTL (%)	19,7917	20,3125	21,0938	0,6379
Ocupação dos veículos TL (%)	90,6250	89,6181	89,5833	0,1870
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5				
z	32,6563	33,0891	33,2465	0,2610
Tempo para resolver (s)	0,5534	0,5875	0,6086	0,0882
Tempo para otimizar (s)	0,4975	0,5380	0,5615	0,0861
Distância total percorrida (km)	4465,7317	6008,2267	6268,8994	426,6243
Trechos realizados com Frota Própria (%)	42,8571	33,9286	33,3333	1,9562
Trechos realizados com LTL (%)	28,5714	40,8598	44,4444	5,2507
Trechos realizados com TL (%)	28,5714	25,2116	22,2222	4,6613
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	71,8750	65,7639	63,5417	3,6851
Ocupação dos veículos LTL (%)	14,0625	24,4965	27,3438	4,1558
Ocupação dos veículos TL (%)	90,6250	92,6736	93,7500	1,7938
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5				
z	33,6371	33,7574	33,8777	0,1203
Tempo para resolver (s)	0,4766	0,6109	0,8592	0,1162
Tempo para otimizar (s)	0,4328	0,5625	0,8128	0,1159
Distância total percorrida (km)	4845,7357	5867,6048	6268,8994	598,9862
Trechos realizados com Frota Própria (%)	37,5000	33,0278	33,3333	2,5320
Trechos realizados com LTL (%)	37,5000	39,2500	44,4444	5,3649
Trechos realizados com TL (%)	25,0000	27,7222	22,2222	5,8344
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	71,8750	67,9167	63,5417	4,5118
Ocupação dos veículos LTL (%)	19,7917	23,3767	27,3438	4,0937
Ocupação dos veículos TL (%)	90,6250	91,7361	93,7500	2,0294
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5				
z	33,2546	33,7373	34,3685	0,5520
Tempo para resolver (s)	0,4432	0,5646	0,5921	0,0857
Tempo para otimizar (s)	0,3880	0,5131	0,5477	0,0850
Distância total percorrida (km)	5304,7838	5897,2676	6268,8994	313,5391
Trechos realizados com Frota Própria (%)	25,0000	28,3333	22,2222	5,3863
Trechos realizados com LTL (%)	37,5000	38,4722	44,4444	5,7282
Trechos realizados com TL (%)	37,5000	33,1944	33,3333	1,6954
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	79,6875	70,1042	67,1875	2,9017
Ocupação dos veículos LTL (%)	19,7917	20,3559	21,0938	0,6452
Ocupação dos veículos TL (%)	89,5833	89,7222	89,5833	0,7479
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5				
z	34,2354	34,6800	35,0690	0,4158
Tempo para resolver (s)	0,8040	0,6147	0,7882	0,1151
Tempo para otimizar (s)	0,7336	0,5633	0,7362	0,1138
Distância total percorrida (km)	3626,6796	5814,3028	6268,8994	695,1078
Trechos realizados com Frota Própria (%)	16,6667	32,0556	33,3333	3,9834
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	40,5185	44,4444	6,9432
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	27,4259	22,2222	5,5639
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	78,1250	68,6632	63,5417	5,1701
Ocupação dos veículos LTL (%)	19,7917	23,4983	27,3438	3,8630
Ocupação dos veículos TL (%)	93,7500	92,1528	93,7500	2,5048
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,4				
z	31,9057	32,3883	32,7574	0,4220
Tempo para resolver (s)	0,5500	0,5481	0,5150	0,0969
Tempo para otimizar (s)	0,4963	0,4997	0,4655	0,0971
Distância total percorrida (km)	5684,7878	6003,1176	6268,8994	311,1567
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	27,1759	22,2222	5,7117
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	39,3519	44,4444	6,0043
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	33,4722	33,3333	0,7479
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	71,8750	69,2187	67,1875	2,3228
Ocupação dos veículos LTL (%)	19,7917	20,3385	21,0938	1,3251
Ocupação dos veículos TL (%)	89,5833	89,5833	89,5833	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,4				
z	32,8866	33,4122	33,6750	0,3717
Tempo para resolver (s)	0,7641	0,6378	0,6227	0,1219
Tempo para otimizar (s)	0,6942	0,5875	0,5821	0,1197
Distância total percorrida (km)	5684,7878	6074,1955	6268,8994	275,3528
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	33,3333	33,3333	0,0000
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	40,7407	44,4444	5,2378
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	25,9259	22,2222	5,2378
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	71,8750	66,3194	63,5417	3,9284
Ocupação dos veículos LTL (%)	19,7917	24,8264	27,3438	3,5601
Ocupação dos veículos TL (%)	89,5833	92,3611	93,7500	1,9642
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,4				
z	32,5040	33,0027	33,7053	0,5704
Tempo para resolver (s)	0,6037	0,5884	0,5442	0,1241

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Tempo para otimizar (s)	0,5376	0,5377	0,4887	0,1238
Distância total percorrida (km)	5684,7878	5755,8916	6268,8994	684,9440
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	33,1415	22,2222	3,1615
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	33,4061	44,4444	2,7856
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	33,4524	33,3333	3,5094
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	71,8750	71,1632	67,1875	1,7661
Ocupação dos veículos LTL (%)	19,7917	19,7135	21,0938	1,1354
Ocupação dos veículos TL (%)	89,5833	90,0000	89,5833	1,2500
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,4

z	33,4848	34,2547	34,6861	0,5446
Tempo para resolver (s)	0,7075	0,6225	0,5620	0,1033
Tempo para otimizar (s)	0,6636	0,5703	0,5166	0,1008
Distância total percorrida (km)	5684,7878	5915,9839	6268,8994	566,8942
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	31,6521	22,2222	4,8992
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	34,1455	44,4444	5,8914
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	34,2024	33,3333	4,9278
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	71,8750	70,8681	67,1875	2,3173
Ocupação dos veículos LTL (%)	19,7917	19,8003	21,0938	1,1867
Ocupação dos veículos TL (%)	89,5833	89,6181	89,5833	0,1870
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,5

z	32,7773	33,3167	33,6290	0,4104
Tempo para resolver (s)	0,6580	0,5970	0,5440	0,1128
Tempo para otimizar (s)	0,6117	0,5470	0,4907	0,1136
Distância total percorrida (km)	2407,6234	5892,1843	6268,8994	755,3921
Trechos realizados com Frota Própria (%)	25,0000	25,4762	22,2222	5,3910
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	41,0119	44,4444	5,2891
Trechos realizados com TL (%)	25,0000	33,5119	33,3333	2,4259
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	78,1250	69,3229	67,1875	3,1634
Ocupação dos veículos LTL (%)	14,0625	20,3125	21,0938	1,4088
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	89,9306	89,5833	1,8698
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,5

z	33,7581	33,9767	34,2626	0,2500
Tempo para resolver (s)	0,5831	0,5973	0,7038	0,1281
Tempo para otimizar (s)	0,5347	0,5478	0,6592	0,1287
Distância total percorrida (km)	5684,7878	5841,3308	6268,8994	455,9144
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	32,9167	33,3333	3,1088
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	39,0278	44,4444	7,3873

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	28,0556	22,2222	5,7534
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	71,8750	68,7500	63,5417	4,3948
Ocupação dos veículos LTL (%)	19,7917	23,0642	27,3438	3,7423
Ocupação dos veículos TL (%)	89,5833	91,6319	93,7500	2,5300
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,5				
z	33,3756	34,1400	34,5222	0,5405
Tempo para resolver (s)	0,6058	0,6332	0,4605	0,0979
Tempo para otimizar (s)	0,5625	0,5840	0,4139	0,0972
Distância total percorrida (km)	4465,7317	5830,3843	6268,8994	759,7224
Trechos realizados com Frota Própria (%)	42,8571	33,0952	33,3333	3,9621
Trechos realizados com LTL (%)	28,5714	33,3135	33,3333	3,9017
Trechos realizados com TL (%)	28,5714	33,5913	33,3333	3,5836
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	71,8750	70,9722	69,7917	2,1303
Ocupação dos veículos LTL (%)	14,0625	19,8958	19,7917	1,6601
Ocupação dos veículos TL (%)	90,6250	89,9306	89,5833	1,0532
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,5				
z	34,3564	34,9051	35,4538	0,5487
Tempo para resolver (s)	0,5220	0,6012	0,5558	0,1229
Tempo para otimizar (s)	0,4778	0,5540	0,5118	0,1235
Distância total percorrida (km)	2027,6194	5604,3232	6268,8994	1070,3683
Trechos realizados com Frota Própria (%)	33,3333	32,5000	33,3333	3,2984
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	38,7963	44,4444	6,2724
Trechos realizados com TL (%)	33,3333	28,7037	22,2222	6,7408
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	78,1250	68,0382	63,5417	5,6071
Ocupação dos veículos LTL (%)	21,8750	23,2639	27,3438	3,9929
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	92,2917	93,7500	2,4738
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

FONTE: O autor (2021)

TABELA 15 – RESULTADO DOS TESTES DA INSTÂNCIA 3

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4				
z	25,6008	26,4686	26,8675	0,3523
Tempo para resolver (s)	4,5759	16,9302	17,6179	6,4926
Tempo para otimizar (s)	4,3623	16,6896	17,3466	6,4868
Distância total percorrida (km)	5002,0941	5497,9135	5668,0238	214,5461
Trechos realizados com Frota Própria (%)	44,4444	36,3197	33,3333	5,9908
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	58,2145	61,1111	6,1210
Trechos realizados com TL (%)	5,5556	5,4658	5,5556	0,2483
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	89,4531	85,6054	85,4167	5,6666
Ocupação dos veículos LTL (%)	35,0694	33,8515	34,6591	1,5433
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	100,0000	100,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4				
z	25,9071	26,4195	27,0453	0,3380
Tempo para resolver (s)	16,5214	14,9103	21,2972	7,6218
Tempo para otimizar (s)	16,2733	14,6742	21,0796	7,6213
Distância total percorrida (km)	4695,8618	5217,6467	5593,5727	448,2873
Trechos realizados com Frota Própria (%)	57,8947	40,6657	41,1765	7,6329
Trechos realizados com LTL (%)	42,1053	56,3893	52,9412	6,3405
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	2,9451	5,8824	2,7677
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	80,3977	83,7345	72,3214	6,7423
Ocupação dos veículos LTL (%)	39,8437	36,8947	34,7222	2,7407
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	53,3333	100,0000	49,8888
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4				
z	26,5409	27,5418	28,0754	0,4181
Tempo para resolver (s)	15,6653	24,2362	28,1113	10,5702
Tempo para otimizar (s)	15,2821	23,9995	27,8724	10,5745
Distância total percorrida (km)	4470,1160	5010,0553	4713,3211	458,3432
Trechos realizados com Frota Própria (%)	64,7059	63,3251	46,6667	9,9611
Trechos realizados com LTL (%)	35,2941	33,6786	46,6667	10,4654
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	2,9963	6,6667	3,0470
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	71,0227	69,7320	73,6607	3,9379
Ocupação dos veículos LTL (%)	40,1042	33,8765	31,6964	4,2179
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	49,7917	100,0000	49,8039
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4				
z	26,6888	27,4989	28,2005	0,4105
Tempo para resolver (s)	6,4863	22,3436	30,6673	7,2740



Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Tempo para otimizar (s)	6,2662	22,1105	30,4157	7,2701
Distância total percorrida (km)	4817,7095	4950,0637	5593,5727	635,5663
Trechos realizados com Frota Própria (%)	82,3529	65,9387	52,9412	12,2314
Trechos realizados com LTL (%)	11,7647	29,9276	41,1765	12,5682
Trechos realizados com TL (%)	5,8824	4,1337	5,8824	3,0673
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	70,5357	68,0969	66,3194	4,2718
Ocupação dos veículos LTL (%)	32,8125	33,3134	31,6964	3,9633
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	66,6667	100,0000	47,1405
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5				
z	25,8217	26,4492	27,1345	0,3480
Tempo para resolver (s)	4,7676	13,9280	27,7190	5,8287
Tempo para otimizar (s)	4,5355	13,6953	27,4456	5,8258
Distância total percorrida (km)	5220,4757	5221,0197	5976,8788	370,8087
Trechos realizados com Frota Própria (%)	38,8889	41,8594	26,3158	7,0101
Trechos realizados com LTL (%)	55,5556	54,9346	68,4211	5,9119
Trechos realizados com TL (%)	5,5556	3,2061	5,2632	2,8092
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	89,2857	81,3408	91,2500	5,2699
Ocupação dos veículos LTL (%)	35,6250	36,6973	33,6538	2,9839
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	56,6667	100,0000	49,5536
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5				
z	25,8123	26,5493	27,0461	0,3545
Tempo para resolver (s)	11,3694	16,4264	30,1944	6,1462
Tempo para otimizar (s)	11,1492	16,1837	29,8282	6,1305
Distância total percorrida (km)	4861,5872	5184,8364	4944,4323	253,2950
Trechos realizados com Frota Própria (%)	50,0000	42,7662	52,6316	5,9171
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	54,7052	47,3684	5,7301
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	2,5286	0,0000	2,8940
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	82,2917	82,4914	78,4375	4,5832
Ocupação dos veículos LTL (%)	39,5833	36,6045	36,8056	2,9897
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	43,3333	0,0000	49,5536
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5				
z	26,9369	27,4398	28,2005	0,3787
Tempo para resolver (s)	14,4687	19,2693	33,8715	8,8721
Tempo para otimizar (s)	14,2323	19,0341	33,6559	8,8745
Distância total percorrida (km)	4959,2774	4949,1855	5210,2665	704,9704
Trechos realizados com Frota Própria (%)	58,8235	63,0642	60,0000	10,7454
Trechos realizados com LTL (%)	41,1765	32,2821	33,3333	11,9521

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	4,6537	6,6667	3,0607
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	70,0000	70,0664	66,3194	3,8095
Ocupação dos veículos LTL (%)	38,8393	31,4601	33,7500	7,5959
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	73,3333	100,0000	44,2217
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5

z	26,5409	27,5577	28,2348	0,4380
Tempo para resolver (s)	12,3087	21,8710	58,3844	9,6540
Tempo para otimizar (s)	12,0620	21,6288	58,1641	9,6593
Distância total percorrida (km)	4774,3442	5078,1920	5593,5727	306,9866
Trechos realizados com Frota Própria (%)	61,1111	66,0351	52,9412	9,4444
Trechos realizados com LTL (%)	38,8889	30,6204	41,1765	9,9635
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	3,3445	5,8824	2,9362
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	71,0227	69,9067	66,3194	4,3936
Ocupação dos veículos LTL (%)	38,8393	33,1704	31,6964	4,4255
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	56,6667	100,0000	49,5536
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,4

z	26,1804	27,0466	27,8184	0,4120
Tempo para resolver (s)	5,9257	21,1310	34,5747	10,9624
Tempo para otimizar (s)	5,6898	20,8860	34,2703	10,9542
Distância total percorrida (km)	5220,4757	5347,3261	5570,3335	514,6595
Trechos realizados com Frota Própria (%)	50,0000	45,9875	47,3684	4,8480
Trechos realizados com LTL (%)	44,4444	48,5554	47,3684	4,9132
Trechos realizados com TL (%)	5,5556	5,4571	5,2632	1,1507
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	80,2083	77,5452	79,5139	4,5982
Ocupação dos veículos LTL (%)	32,4219	31,5082	32,9861	1,5996
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	96,6667	100,0000	17,9505
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,4

z	26,1129	26,7158	27,6448	0,3426
Tempo para resolver (s)	10,4393	14,6327	25,8492	5,6430
Tempo para otimizar (s)	10,1808	14,4024	25,5991	5,6381
Distância total percorrida (km)	5187,0274	5206,7091	5976,8788	560,2444
Trechos realizados com Frota Própria (%)	47,0588	48,3375	36,8421	8,1784
Trechos realizados com LTL (%)	47,0588	47,8100	57,8947	7,3922
Trechos realizados com TL (%)	5,8824	3,8525	5,2632	2,5378
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	86,3281	78,0457	79,0179	4,8531
Ocupação dos veículos LTL (%)	32,4219	33,3390	30,9659	2,6083
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	70,0000	100,0000	45,8258

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,4

z	26,4088	27,4821	28,3258	0,4549
Tempo para resolver (s)	15,5177	24,6527	33,4338	21,9129
Tempo para otimizar (s)	15,2762	24,4178	33,1900	21,9136
Distância total percorrida (km)	3813,2433	4996,0966	5540,1006	464,0402
Trechos realizados com Frota Própria (%)	85,7143	67,9218	64,7059	9,7491
Trechos realizados com LTL (%)	7,1429	27,2158	29,4118	9,0138
Trechos realizados com TL (%)	7,1429	4,8625	5,8824	2,2145
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	73,4375	68,1653	63,3523	5,1399
Ocupação dos veículos LTL (%)	37,5000	31,6337	27,5000	4,9620
Ocupação dos veículos TL (%)	93,7500	82,7083	100,0000	37,0347
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,4

z	26,6346	27,6917	28,5515	0,4961
Tempo para resolver (s)	13,5922	24,2882	36,3662	16,6390
Tempo para otimizar (s)	13,3517	24,0546	36,1110	16,6446
Distância total percorrida (km)	4784,2611	5163,4896	5656,6583	458,6317
Trechos realizados com Frota Própria (%)	87,5000	68,6889	61,1111	12,3448
Trechos realizados com LTL (%)	6,2500	26,4793	33,3333	12,8216
Trechos realizados com TL (%)	6,2500	4,8318	5,5556	2,3001
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	71,2054	70,2689	62,5000	4,0672
Ocupação dos veículos LTL (%)	25,0000	26,3268	28,1250	9,3305
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	83,3333	100,0000	37,2678
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,5

z	26,1866	26,7704	27,5077	0,3934
Tempo para resolver (s)	10,9722	14,9302	20,8332	5,7220
Tempo para otimizar (s)	10,7463	14,6960	20,5998	5,7275
Distância total percorrida (km)	4861,5872	5223,3136	5415,9003	372,1246
Trechos realizados com Frota Própria (%)	55,5556	48,9731	44,4444	5,7838
Trechos realizados com LTL (%)	44,4444	47,6912	50,0000	5,6554
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	3,3358	5,5556	2,7363
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	78,7500	76,9703	75,3906	4,2931
Ocupação dos veículos LTL (%)	38,6719	33,9043	30,9028	3,3947
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	60,0000	100,0000	48,9898
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,5

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
z	26,1472	26,9914	27,5180	0,3653
Tempo para resolver (s)	5,0762	18,8420	35,7386	8,7210
Tempo para otimizar (s)	4,8470	18,5989	35,5060	8,7176
Distância total percorrida (km)	5187,0274	5183,9592	5593,5727	509,7878
Trechos realizados com Frota Própria (%)	47,0588	49,1074	47,0588	5,5233
Trechos realizados com LTL (%)	47,0588	47,9621	47,0588	5,1318
Trechos realizados com TL (%)	5,8824	2,9305	5,8824	2,7493
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	86,3281	76,3670	69,1406	5,4791
Ocupação dos veículos LTL (%)	32,4219	34,1284	33,2031	3,3722
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	53,3333	100,0000	49,8888
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,5

z	26,3652	27,4990	28,3601	0,4632
Tempo para resolver (s)	11,2148	20,0191	33,3370	7,7225
Tempo para otimizar (s)	11,0007	19,7630	33,1104	7,7176
Distância total percorrida (km)	4613,5683	4605,9679	5540,1006	958,9732
Trechos realizados com Frota Própria (%)	77,7778	72,6036	64,7059	11,0951
Trechos realizados com LTL (%)	16,6667	24,6710	29,4118	11,8574
Trechos realizados com TL (%)	5,5556	2,7254	5,8824	2,9433
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	72,5446	68,7442	63,3523	4,0877
Ocupação dos veículos LTL (%)	33,3333	31,8147	27,5000	9,1382
Ocupação dos veículos TL (%)	93,7500	45,4167	100,0000	48,6787
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,5

z	26,8852	27,6532	28,3944	0,4065
Tempo para resolver (s)	15,6523	19,5876	21,5822	9,1226
Tempo para otimizar (s)	15,4178	19,3206	21,3499	9,1077
Distância total percorrida (km)	4880,7951	4903,9861	5540,1006	878,9349
Trechos realizados com Frota Própria (%)	88,8889	71,7415	64,7059	10,9101
Trechos realizados com LTL (%)	11,1111	24,5304	29,4118	10,1882
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	3,7281	5,8824	2,8512
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	65,2344	67,5898	63,3523	4,6677
Ocupação dos veículos LTL (%)	39,0625	29,6604	27,5000	9,2221
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	63,1250	100,0000	48,0438
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4

z	26,6545	27,2839	27,8231	0,3274
Tempo para resolver (s)	5,8381	13,6729	32,6099	6,1718
Tempo para otimizar (s)	5,6159	13,4363	32,3612	6,1725
Distância total percorrida (km)	5220,4757	5494,7257	5838,2328	244,9061

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Trechos realizados com Frota Própria (%)	38,8889	34,0928	33,3333	5,0376
Trechos realizados com LTL (%)	55,5556	60,5106	61,1111	5,0442
Trechos realizados com TL (%)	5,5556	5,3966	5,5556	1,0467
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	89,2857	86,3080	83,3333	6,5141
Ocupação dos veículos LTL (%)	35,6250	34,6854	34,6591	1,6119
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	96,6667	100,0000	17,9505
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4

z	26,9588	27,3211	27,8574	0,3323
Tempo para resolver (s)	8,7517	12,8520	28,6480	5,0475
Tempo para otimizar (s)	8,5228	12,5781	28,3691	5,0499
Distância total percorrida (km)	4813,8983	5442,3276	5838,2328	431,1924
Trechos realizados com Frota Própria (%)	40,0000	32,2404	33,3333	5,2721
Trechos realizados com LTL (%)	60,0000	62,6217	61,1111	5,3463
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	5,1379	5,5556	1,8394
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	82,2917	88,1607	83,3333	8,0164
Ocupação dos veículos LTL (%)	35,0694	34,8149	34,6591	1,2718
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	90,0000	100,0000	30,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4

z	27,5881	28,3838	29,1915	0,3998
Tempo para resolver (s)	6,7007	17,5814	34,1199	7,9612
Tempo para otimizar (s)	6,4756	17,3149	33,8984	7,9602
Distância total percorrida (km)	4354,1099	5029,1452	5057,3702	345,6380
Trechos realizados com Frota Própria (%)	62,5000	52,3160	52,9412	9,2453
Trechos realizados com LTL (%)	31,2500	42,0746	41,1765	9,5431
Trechos realizados com TL (%)	6,2500	5,6094	5,8824	1,1417
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	74,6875	74,1329	68,7500	5,0460
Ocupação dos veículos LTL (%)	38,1250	34,0591	34,3750	2,9246
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	96,0417	100,0000	17,9324
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4

z	27,6921	28,5412	29,4985	0,5207
Tempo para resolver (s)	10,7973	20,0928	42,1880	10,3584
Tempo para otimizar (s)	10,5432	19,8275	41,9372	10,3554
Distância total percorrida (km)	4861,5872	5202,0144	5976,8788	371,0106
Trechos realizados com Frota Própria (%)	55,5556	55,1655	36,8421	11,3873
Trechos realizados com LTL (%)	44,4444	41,5882	57,8947	12,4572
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	3,2463	5,2632	2,8524
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	78,7500	74,6046	79,0179	5,6656

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Ocupação dos veículos LTL (%)	38,6719	35,5049	30,9659	3,2262
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	56,4583	100,0000	49,3838
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5				
z	26,8634	27,3346	27,8574	0,3132
Tempo para resolver (s)	14,1827	13,3829	17,3149	5,0151
Tempo para otimizar (s)	13,9636	13,1038	17,0783	5,0100
Distância total percorrida (km)	3927,2486	5445,9539	5304,3159	405,8954
Trechos realizados com Frota Própria (%)	50,0000	34,2559	35,2941	6,0130
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	60,5368	58,8235	5,6772
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	5,2074	5,8824	1,4150
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	85,4167	86,2847	83,3333	7,5859
Ocupação dos veículos LTL (%)	30,2083	34,6444	34,3750	1,7825
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	93,3333	100,0000	24,9444
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5				
z	26,9931	27,3533	27,9521	0,3083
Tempo para resolver (s)	4,8330	12,8642	17,6293	5,1366
Tempo para otimizar (s)	4,5872	12,6170	17,3346	5,1266
Distância total percorrida (km)	5318,1659	5445,1478	5943,4305	499,5921
Trechos realizados com Frota Própria (%)	35,2941	33,0783	27,7778	5,2074
Trechos realizados com LTL (%)	58,8235	61,4938	66,6667	5,2891
Trechos realizados com TL (%)	5,8824	5,4279	5,5556	1,0518
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	82,2917	87,0655	88,7500	7,0211
Ocupação dos veículos LTL (%)	36,2500	35,1635	34,3750	1,9822
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	96,6667	100,0000	17,9505
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5				
z	27,6921	28,5512	29,2343	0,3968
Tempo para resolver (s)	11,6472	17,5511	27,7359	6,2464
Tempo para otimizar (s)	11,4059	17,3042	27,4086	6,2361
Distância total percorrida (km)	4861,5872	5241,2790	5187,0274	353,7202
Trechos realizados com Frota Própria (%)	55,5556	51,1854	52,9412	8,4901
Trechos realizados com LTL (%)	44,4444	45,1701	41,1765	8,9418
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	3,6445	5,8824	2,7823
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	78,7500	74,3575	76,0417	5,3101
Ocupação dos veículos LTL (%)	38,6719	34,6923	36,1607	3,1108
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	63,3333	100,0000	48,1894
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5				
z	27,8159	28,3917	29,1928	0,3961
Tempo para resolver (s)	6,7309	15,0991	34,4784	6,8008
Tempo para otimizar (s)	6,5125	14,8533	34,2504	6,8049
Distância total percorrida (km)	4847,3467	5044,4008	5653,2996	705,1776
Trechos realizados com Frota Própria (%)	58,8235	53,6904	47,3684	8,8747
Trechos realizados com LTL (%)	41,1765	43,8525	47,3684	9,7399
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	2,4571	5,2632	2,8180
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	81,8750	75,1445	75,3472	4,5295
Ocupação dos veículos LTL (%)	38,8393	35,4617	31,5972	3,5233
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	43,3333	100,0000	49,5536
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,4				
z	27,0686	27,7026	28,1219	0,2963
Tempo para resolver (s)	5,8218	13,9121	22,8880	4,3622
Tempo para otimizar (s)	5,5790	13,6731	22,6712	4,3705
Distância total percorrida (km)	5220,4757	5331,1943	5246,0496	397,8944
Trechos realizados com Frota Própria (%)	44,4444	37,4232	35,2941	4,7463
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	57,4995	58,8235	4,7506
Trechos realizados com TL (%)	5,5556	5,0773	5,8824	1,7349
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	84,3750	83,9521	85,4167	5,4548
Ocupação dos veículos LTL (%)	34,0278	33,7134	34,3750	2,0940
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	90,0000	100,0000	30,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,4				
z	27,3753	27,8213	28,3836	0,3345
Tempo para resolver (s)	13,6811	15,6061	20,6143	7,9576
Tempo para otimizar (s)	13,4041	15,3581	20,3706	7,9645
Distância total percorrida (km)	5318,1659	5381,3162	5838,2328	355,6771
Trechos realizados com Frota Própria (%)	35,2941	38,4628	38,8889	5,4547
Trechos realizados com LTL (%)	58,8235	55,9744	55,5556	5,2158
Trechos realizados com TL (%)	5,8824	5,5628	5,5556	1,1771
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	82,2917	82,0834	78,5714	6,3508
Ocupação dos veículos LTL (%)	36,2500	35,0281	33,1250	1,4366
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	96,6667	100,0000	17,9505
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,4				
z	27,7617	28,7426	29,6860	0,5086
Tempo para resolver (s)	11,3394	18,6897	27,1767	8,7940

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Tempo para otimizar (s)	11,1101	18,4525	26,9619	8,7967
Distância total percorrida (km)	4470,9902	4793,2737	5656,6583	893,4327
Trechos realizados com Frota Própria (%)	62,5000	60,5834	50,0000	8,9046
Trechos realizados com LTL (%)	31,2500	34,4655	44,4444	9,3457
Trechos realizados com TL (%)	6,2500	4,9512	5,5556	2,2896
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	75,6250	68,8209	66,3194	4,4764
Ocupação dos veículos LTL (%)	36,8750	33,0819	32,4219	3,7950
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	82,0833	100,0000	36,7896
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,4

z	27,6368	28,6750	29,4180	0,4523
Tempo para resolver (s)	5,7823	17,6583	35,2597	8,9901
Tempo para otimizar (s)	5,5442	17,4287	35,0516	8,9924
Distância total percorrida (km)	4676,6539	5123,4659	5593,5727	353,8563
Trechos realizados com Frota Própria (%)	63,1579	63,3172	52,9412	8,9235
Trechos realizados com LTL (%)	36,8421	32,6388	41,1765	9,0103
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	4,0440	5,8824	2,6650
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	76,0417	70,2928	66,3194	4,0815
Ocupação dos veículos LTL (%)	37,9464	32,8832	31,6964	4,6320
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	69,7917	100,0000	45,7029
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,5

z	27,2677	27,7829	28,2628	0,2925
Tempo para resolver (s)	4,9911	13,6390	16,4227	6,0272
Tempo para otimizar (s)	4,7692	13,4006	16,2022	6,0187
Distância total percorrida (km)	5054,7503	5281,1710	5593,5727	652,0221
Trechos realizados com Frota Própria (%)	52,6316	39,5500	41,1765	7,9484
Trechos realizados com LTL (%)	42,1053	55,3899	52,9412	8,3571
Trechos realizados com TL (%)	5,2632	5,0601	5,8824	1,7178
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	81,8750	82,3607	72,3214	6,5029
Ocupação dos veículos LTL (%)	33,5937	34,3354	34,7222	1,6426
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	89,7917	100,0000	29,9515
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,5

z	27,0862	27,8178	28,3446	0,3752
Tempo para resolver (s)	6,7740	13,6981	19,2735	7,2151
Tempo para otimizar (s)	6,5475	13,4608	19,0201	7,2134
Distância total percorrida (km)	5187,0274	5455,3796	5138,0272	202,9977
Trechos realizados com Frota Própria (%)	47,0588	37,9652	35,2941	4,6698
Trechos realizados com LTL (%)	47,0588	56,5811	58,8235	4,7391



Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Trechos realizados com TL (%)	5,8824	5,4536	5,8824	1,0668
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	85,5469	83,2409	87,5000	6,6104
Ocupação dos veículos LTL (%)	33,2031	34,4912	36,2500	1,9374
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	96,6667	100,0000	17,9505
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,5				
z	27,8871	28,8303	29,8258	0,4831
Tempo para resolver (s)	6,2443	23,8113	129,3935	20,9801
Tempo para otimizar (s)	6,0189	23,5651	129,1562	20,9807
Distância total percorrida (km)	4774,3442	4980,7550	5639,2023	873,9233
Trechos realizados com Frota Própria (%)	61,1111	61,6754	52,9412	10,2267
Trechos realizados com LTL (%)	38,8889	34,2688	41,1765	10,0362
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	4,0557	5,8824	2,6758
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	71,0227	69,8506	71,1805	4,8995
Ocupação dos veículos LTL (%)	38,8393	32,8502	32,5893	4,5709
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	69,5833	100,0000	45,5788
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,5				
z	27,9587	28,8638	29,8917	0,4791
Tempo para resolver (s)	14,8212	20,3637	33,1025	7,5948
Tempo para otimizar (s)	14,5760	20,0853	32,8624	7,5541
Distância total percorrida (km)	4711,2585	5019,9536	5738,9518	654,6318
Trechos realizados com Frota Própria (%)	70,5882	62,8087	47,3684	12,9265
Trechos realizados com LTL (%)	23,5294	33,6027	47,3684	12,3062
Trechos realizados com TL (%)	5,8824	3,5887	5,2632	2,7495
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	69,7917	70,6671	66,3194	5,2138
Ocupação dos veículos LTL (%)	36,7187	32,3584	28,8194	7,4192
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	63,3333	100,0000	48,1894
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

FONTE: O autor (2021)

TABELA 16 – RESULTADO DOS TESTES DA INSTÂNCIA 4

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4				
z	23,0695	23,9677	24,1491	0,1786
Tempo para resolver (s)	24,4695	62,3604	57,8962	70,0839
Tempo para otimizar (s)	24,0915	61,9775	57,5509	70,0719
Distância total percorrida (km)	5700,7856	5648,6069	5780,3939	192,8267
Trechos realizados com Frota Própria (%)	40,9091	36,1544	28,5714	3,2693
Trechos realizados com LTL (%)	59,0909	63,8456	71,4286	3,2693
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	77,0833	77,7389	77,0833	1,5321
Ocupação dos veículos LTL (%)	22,3558	24,8705	27,7083	2,1355
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4				
z	23,0695	23,8717	24,1590	0,3170
Tempo para resolver (s)	126,0997	53,5035	46,4883	54,8773
Tempo para otimizar (s)	125,7309	53,1145	46,1443	54,8792
Distância total percorrida (km)	5243,6557	5598,2850	5647,3811	323,2627
Trechos realizados com Frota Própria (%)	38,0952	36,6078	35,0000	3,1640
Trechos realizados com LTL (%)	61,9048	63,3922	65,0000	3,1640
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	75,7812	77,9315	72,3214	1,9641
Ocupação dos veículos LTL (%)	22,3558	24,6538	26,9231	2,1731
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4				
z	24,4302	25,0997	25,3770	0,3280
Tempo para resolver (s)	91,1896	121,7401	349,1518	104,6437
Tempo para otimizar (s)	90,8093	121,3388	348,7859	104,6413
Distância total percorrida (km)	5572,8692	5379,1640	5694,2361	387,0269
Trechos realizados com Frota Própria (%)	47,6190	50,5577	47,6190	4,2319
Trechos realizados com LTL (%)	52,3810	49,4423	52,3810	4,2319
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	70,6250	68,3567	69,3750	4,6305
Ocupação dos veículos LTL (%)	21,5909	21,0247	21,8750	0,7613
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4				
z	24,4302	25,1803	25,3891	0,2787
Tempo para resolver (s)	60,9258	121,1687	65,3455	132,5635

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Tempo para otimizar (s)	60,5755	120,7706	64,9963	132,5705
Distância total percorrida (km)	4118,6917	5368,9626	5476,8631	527,8852
Trechos realizados com Frota Própria (%)	43,7500	50,5246	47,6190	5,0468
Trechos realizados com LTL (%)	56,2500	49,4754	52,3810	5,0468
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	70,9821	70,3797	69,3750	4,8574
Ocupação dos veículos LTL (%)	24,3056	21,4148	23,5795	0,9645
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

## Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5

z	23,0695	23,9116	24,1491	0,2825
Tempo para resolver (s)	30,8291	58,9908	36,7636	48,9989
Tempo para otimizar (s)	30,4648	58,6081	36,3548	48,9939
Distância total percorrida (km)	5700,7856	5594,1998	5212,1480	228,8628
Trechos realizados com Frota Própria (%)	40,9091	36,2215	30,0000	3,6923
Trechos realizados com LTL (%)	59,0909	63,7785	70,0000	3,6923
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	77,0833	78,6930	80,2083	3,1195
Ocupação dos veículos LTL (%)	22,3558	24,9016	26,1161	2,0728
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

## Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5

z	23,0695	23,9779	24,2521	0,1849
Tempo para resolver (s)	22,4270	56,3180	74,5722	84,9572
Tempo para otimizar (s)	22,0477	55,9240	74,1984	84,9650
Distância total percorrida (km)	5700,7856	5600,3096	5735,8482	286,3316
Trechos realizados com Frota Própria (%)	40,9091	35,6077	36,3636	3,2586
Trechos realizados com LTL (%)	59,0909	64,3923	63,6364	3,2586
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	77,0833	78,1860	75,7812	3,1404
Ocupação dos veículos LTL (%)	22,3558	25,1623	27,0089	2,1509
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

## Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5

z	24,4302	25,1383	25,3891	0,2936
Tempo para resolver (s)	37,5014	149,0594	215,1101	131,4617
Tempo para otimizar (s)	37,0841	148,6623	214,7373	131,4589
Distância total percorrida (km)	5261,9975	5462,8852	5330,3091	185,9522
Trechos realizados com Frota Própria (%)	50,0000	51,7096	45,0000	4,4330
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	48,2904	55,0000	4,4330

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	70,6250	68,3325	77,0833	5,1338
Ocupação dos veículos LTL (%)	20,0000	21,2158	23,5795	0,6309
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5				
z	24,4302	25,1446	25,4055	0,3053
Tempo para resolver (s)	44,6279	89,6617	49,3537	57,8402
Tempo para otimizar (s)	44,2479	89,2578	49,0013	57,8417
Distância total percorrida (km)	5572,8692	5422,3667	5647,3811	367,0023
Trechos realizados com Frota Própria (%)	47,6190	49,8118	45,0000	4,1745
Trechos realizados com LTL (%)	52,3810	50,1882	55,0000	4,1745
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	70,6250	69,7359	65,9722	6,2922
Ocupação dos veículos LTL (%)	21,5909	21,3702	23,8636	0,6810
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,4				
z	23,3928	24,1914	24,6029	0,3631
Tempo para resolver (s)	44,7378	67,6665	47,1959	46,0625
Tempo para otimizar (s)	44,3365	67,2697	46,8129	46,0697
Distância total percorrida (km)	5700,7856	5528,3142	5409,5142	359,7517
Trechos realizados com Frota Própria (%)	40,9091	42,4109	45,0000	4,6665
Trechos realizados com LTL (%)	59,0909	57,5891	55,0000	4,6665
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	77,0833	75,3110	72,9167	4,4598
Ocupação dos veículos LTL (%)	22,3558	22,0821	19,8864	0,7813
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,4				
z	23,3928	24,3036	24,3902	0,2467
Tempo para resolver (s)	62,1603	90,4151	636,8542	143,3652
Tempo para otimizar (s)	61,7984	90,0305	636,5053	143,3708
Distância total percorrida (km)	5700,7856	5610,1973	5694,2361	236,6988
Trechos realizados com Frota Própria (%)	40,9091	44,9898	47,6190	4,6690
Trechos realizados com LTL (%)	59,0909	55,0102	52,3810	4,6690
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	77,0833	72,0616	69,3750	5,8799
Ocupação dos veículos LTL (%)	22,3558	21,9802	21,8750	0,2349
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,4				
z	24,6757	25,3742	25,7390	0,2816
Tempo para resolver (s)	123,4650	150,3236	65,9203	133,2200
Tempo para otimizar (s)	123,1128	149,9130	65,5403	133,2350
Distância total percorrida (km)	5426,3152	5416,8082	5254,2285	288,9608
Trechos realizados com Frota Própria (%)	45,0000	52,4608	55,5556	4,4344
Trechos realizados com LTL (%)	55,0000	47,5392	44,4444	4,4344
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	72,2222	67,3013	63,1250	3,9154
Ocupação dos veículos LTL (%)	21,5909	21,0853	18,7500	0,7943
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,4				
z	24,6757	25,3695	25,8034	0,2924
Tempo para resolver (s)	56,4774	160,0062	615,7930	159,6260
Tempo para otimizar (s)	56,0919	159,6195	615,4285	159,6252
Distância total percorrida (km)	5572,8692	5349,9355	5670,7468	560,8079
Trechos realizados com Frota Própria (%)	47,6190	51,2414	47,6190	3,8055
Trechos realizados com LTL (%)	52,3810	48,7586	52,3810	3,8055
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	70,6250	68,5880	73,1250	4,9908
Ocupação dos veículos LTL (%)	21,5909	21,0788	19,6023	0,7356
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,5				
z	23,3928	24,2173	24,6029	0,3302
Tempo para resolver (s)	41,1481	75,3655	151,5403	88,4170
Tempo para otimizar (s)	40,7749	74,9752	151,2006	88,4201
Distância total percorrida (km)	5700,7856	5603,7744	4840,4836	272,0159
Trechos realizados com Frota Própria (%)	40,9091	41,8994	50,0000	5,0105
Trechos realizados com LTL (%)	59,0909	58,1006	50,0000	5,0105
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	77,0833	75,4279	72,9167	5,0403
Ocupação dos veículos LTL (%)	22,3558	21,9877	19,7917	0,6160
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,5				

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
z	23,3928	24,1661	24,4945	0,3887
Tempo para resolver (s)	29,9754	52,2555	142,1966	31,5185
Tempo para otimizar (s)	29,6128	51,8772	141,8375	31,5180
Distância total percorrida (km)	5700,7856	5515,2096	5647,3811	494,8495
Trechos realizados com Frota Própria (%)	40,9091	44,3261	45,0000	5,4130
Trechos realizados com LTL (%)	59,0909	55,6739	55,0000	5,4130
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	77,0833	73,6201	65,9722	4,0649
Ocupação dos veículos LTL (%)	22,3558	21,8970	23,8636	1,0052
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,5

z	24,6757	25,4000	25,6953	0,2598
Tempo para resolver (s)	63,9889	176,3114	92,3234	134,3303
Tempo para otimizar (s)	63,6388	175,9291	91,9345	134,3215
Distância total percorrida (km)	5572,8692	5469,9594	5656,4746	205,2408
Trechos realizados com Frota Própria (%)	47,6190	50,8027	50,0000	4,4174
Trechos realizados com LTL (%)	52,3810	49,1973	50,0000	4,4174
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	70,6250	69,9987	66,8750	6,0233
Ocupação dos veículos LTL (%)	21,5909	21,2028	20,0000	0,8148
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,5

z	24,6757	25,3366	25,7390	0,3281
Tempo para resolver (s)	59,4606	118,1218	154,4627	103,2309
Tempo para otimizar (s)	59,0697	117,6878	154,0869	103,2010
Distância total percorrida (km)	5167,4489	5420,0271	5671,9091	310,2894
Trechos realizados com Frota Própria (%)	50,0000	51,0275	50,0000	4,5000
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	48,9725	50,0000	4,5000
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	70,6250	68,8829	63,1250	5,4303
Ocupação dos veículos LTL (%)	21,8750	21,3191	20,6250	0,6824
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4

z	23,7954	24,5510	24,6485	0,1409
Tempo para resolver (s)	25,3737	30,5091	29,2404	4,9523
Tempo para otimizar (s)	24,9942	30,1428	28,8784	4,9478
Distância total percorrida (km)	5721,7465	5583,8918	5634,1356	243,4192

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Trechos realizados com Frota Própria (%)	40,9091	32,9003	38,0952	2,4889
Trechos realizados com LTL (%)	59,0909	67,0997	61,9048	2,4889
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	75,0000	80,0315	74,2188	6,0613
Ocupação dos veículos LTL (%)	22,3558	26,8493	27,6442	0,9157
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4				
z	23,7954	24,4446	24,5745	0,2903
Tempo para resolver (s)	24,9067	30,3527	31,1236	5,2083
Tempo para otimizar (s)	24,4905	29,9832	30,7558	5,2018
Distância total percorrida (km)	4979,7460	5436,3216	5715,1970	353,8759
Trechos realizados com Frota Própria (%)	38,8889	33,2941	33,3333	3,8815
Trechos realizados com LTL (%)	61,1111	66,7059	66,6667	3,8815
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	78,5714	82,7842	76,7857	6,8444
Ocupação dos veículos LTL (%)	21,3068	25,9627	27,0089	1,8945
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4				
z	25,2376	25,9619	26,1492	0,3071
Tempo para resolver (s)	40,7870	66,6089	68,0688	43,1155
Tempo para otimizar (s)	40,4219	66,2394	67,6904	43,1217
Distância total percorrida (km)	5593,8301	5491,3956	5715,1970	305,2857
Trechos realizados com Frota Própria (%)	47,6190	48,6735	47,6190	6,2254
Trechos realizados com LTL (%)	52,3810	51,3265	52,3810	6,2254
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	68,7500	67,3242	67,5000	5,9432
Ocupação dos veículos LTL (%)	21,5909	21,3844	21,8750	0,5728
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4				
z	25,2376	26,0246	26,2657	0,2508
Tempo para resolver (s)	33,3388	96,5420	48,7250	171,7188
Tempo para otimizar (s)	32,9625	96,1581	48,3387	171,7288
Distância total percorrida (km)	5593,8301	5467,6841	5497,8241	422,4306
Trechos realizados com Frota Própria (%)	47,6190	49,3499	47,6190	5,3309
Trechos realizados com LTL (%)	52,3810	50,6501	52,3810	5,3309
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	68,7500	66,4998	67,5000	4,6558

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Ocupação dos veículos LTL (%)	21,5909	21,2663	23,5795	0,8214
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5				
z	23,7954	24,4496	24,6485	0,2865
Tempo para resolver (s)	24,2228	29,9902	28,2450	4,9032
Tempo para otimizar (s)	23,8597	29,6258	27,8969	4,9009
Distância total percorrida (km)	5721,7465	5556,4915	5634,1356	254,8358
Trechos realizados com Frota Própria (%)	40,9091	33,6185	38,0952	4,1473
Trechos realizados com LTL (%)	59,0909	66,3815	61,9048	4,1473
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	75,0000	80,2056	74,2188	6,7031
Ocupação dos veículos LTL (%)	22,3558	26,2143	27,6442	1,7536
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5				
z	23,7954	24,5252	24,6548	0,1956
Tempo para resolver (s)	18,1284	29,9910	27,9345	5,3885
Tempo para otimizar (s)	17,6771	29,6199	27,5898	5,3963
Distância total percorrida (km)	4996,8023	5362,2330	4940,5109	470,9111
Trechos realizados com Frota Própria (%)	27,7778	32,0540	31,5789	3,9156
Trechos realizados com LTL (%)	72,2222	67,9460	68,4211	3,9156
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	74,3750	82,2386	77,0833	7,6990
Ocupação dos veículos LTL (%)	22,3558	26,2744	27,6442	1,8056
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5				
z	25,2376	25,9163	26,1492	0,3491
Tempo para resolver (s)	51,8478	49,1983	44,2756	15,9024
Tempo para otimizar (s)	51,4602	48,8140	43,9276	15,8768
Distância total percorrida (km)	5593,8301	5577,5902	5715,1970	260,5136
Trechos realizados com Frota Própria (%)	47,6190	45,8339	47,6190	5,4808
Trechos realizados com LTL (%)	52,3810	54,1661	52,3810	5,4808
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	68,7500	70,2937	67,5000	6,1771
Ocupação dos veículos LTL (%)	21,5909	21,6678	21,8750	0,5910
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000



Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5				
z	25,2376	25,9153	26,1492	0,3489
Tempo para resolver (s)	43,9094	50,3523	40,9897	19,7630
Tempo para otimizar (s)	43,5382	49,9734	40,5152	19,7658
Distância total percorrida (km)	5593,8301	5571,6080	5715,1970	275,2889
Trechos realizados com Frota Própria (%)	47,6190	48,2564	47,6190	5,5400
Trechos realizados com LTL (%)	52,3810	51,7436	52,3810	5,5400
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	68,7500	67,5658	67,5000	4,1505
Ocupação dos veículos LTL (%)	21,5909	21,4770	21,8750	0,8701
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,4				
z	24,1204	24,8941	25,0849	0,3493
Tempo para resolver (s)	28,4940	37,4092	34,3276	12,5629
Tempo para otimizar (s)	28,1189	37,0160	33,9762	12,5538
Distância total percorrida (km)	5721,7465	5626,8188	5715,1970	176,5535
Trechos realizados com Frota Própria (%)	40,9091	35,5004	33,3333	3,6913
Trechos realizados com LTL (%)	59,0909	64,4996	66,6667	3,6913
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	75,0000	78,4454	76,7857	6,2271
Ocupação dos veículos LTL (%)	22,3558	24,6712	27,0089	2,1188
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,4				
z	24,1204	24,8822	25,1348	0,3745
Tempo para resolver (s)	29,3248	37,0897	35,2944	13,8988
Tempo para otimizar (s)	28,9550	36,7075	34,9197	13,8853
Distância total percorrida (km)	5338,9935	5603,9932	5251,3825	193,4816
Trechos realizados com Frota Própria (%)	42,8571	35,6412	40,0000	4,0315
Trechos realizados com LTL (%)	57,1429	64,3588	60,0000	4,0315
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	75,0000	79,0836	74,2188	6,0488
Ocupação dos veículos LTL (%)	22,6562	25,2630	28,3854	1,9939
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,4				
z	26,2890	26,3515	26,3943	0,0512
Tempo para resolver (s)	38,3103	89,1303	49,7053	69,9681

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Tempo para otimizar (s)	37,9426	88,7392	49,2735	69,9729
Distância total percorrida (km)	5112,7048	5486,4822	5601,5528	256,7328
Trechos realizados com Frota Própria (%)	52,6316	49,8963	47,6190	3,7272
Trechos realizados com LTL (%)	47,3684	50,1037	52,3810	3,7272
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	60,9375	67,9144	71,2500	4,6320
Ocupação dos veículos LTL (%)	20,8333	21,4315	21,8750	0,7815
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,4

z	25,4848	26,1815	26,4352	0,3248
Tempo para resolver (s)	45,9285	65,6485	51,8470	49,0310
Tempo para otimizar (s)	45,5852	65,2588	51,4718	49,0338
Distância total percorrida (km)	5593,8301	5407,2009	5193,7662	341,6655
Trechos realizados com Frota Própria (%)	47,6190	50,2733	42,1053	4,9337
Trechos realizados com LTL (%)	52,3810	49,7267	57,8947	4,9337
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	68,7500	67,3840	62,1094	5,6267
Ocupação dos veículos LTL (%)	21,5909	21,2816	21,8750	0,9133
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,5

z	24,1204	25,0013	25,1921	0,2411
Tempo para resolver (s)	28,0458	36,5570	38,2830	7,6539
Tempo para otimizar (s)	27,6752	36,1720	37,9083	7,6537
Distância total percorrida (km)	5103,6112	5520,7134	5780,3939	299,5133
Trechos realizados com Frota Própria (%)	42,1053	36,7457	33,3333	3,2239
Trechos realizados com LTL (%)	57,8947	63,2543	66,6667	3,2239
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	77,3438	78,3619	73,2143	5,5965
Ocupação dos veículos LTL (%)	21,0227	24,6260	26,1161	1,8466
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,5

z	24,1204	24,9318	25,3103	0,3208
Tempo para resolver (s)	31,0872	41,8967	274,0705	43,6383
Tempo para otimizar (s)	30,7001	41,5232	273,7104	43,6412
Distância total percorrida (km)	5721,7465	5500,4425	5381,9323	579,6263
Trechos realizados com Frota Própria (%)	40,9091	35,9091	38,0952	3,3544
Trechos realizados com LTL (%)	59,0909	64,0909	61,9048	3,3544

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	75,0000	79,3773	73,4375	6,1527
Ocupação dos veículos LTL (%)	22,3558	24,3623	26,4423	2,1799
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,5				
z	25,6203	26,3002	26,4484	0,1899
Tempo para resolver (s)	49,2985	62,0219	38,8065	41,3195
Tempo para otimizar (s)	48,9557	61,6441	38,3778	41,3228
Distância total percorrida (km)	5608,1023	5395,5678	5668,3420	502,1095
Trechos realizados com Frota Própria (%)	45,4545	50,4831	45,0000	4,1282
Trechos realizados com LTL (%)	54,5455	49,5169	55,0000	4,1282
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	75,0000	67,5289	63,8889	5,1697
Ocupação dos veículos LTL (%)	21,0937	21,1867	23,8636	0,9743
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,5				
z	25,4848	26,2284	26,3943	0,2835
Tempo para resolver (s)	80,0316	73,5331	47,3385	61,8972
Tempo para otimizar (s)	79,6302	73,1512	46,9502	61,8948
Distância total percorrida (km)	5211,0771	5472,0302	5454,9988	228,7873
Trechos realizados com Frota Própria (%)	50,0000	50,6636	45,0000	4,3512
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	49,3364	55,0000	4,3512
Trechos realizados com TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	68,7500	68,6134	79,1667	6,8474
Ocupação dos veículos LTL (%)	21,8750	21,3265	21,8750	0,4856
Ocupação dos veículos TL (%)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

FONTE: O autor (2021)

TABELA 17 – RESULTADO DOS TESTES DA INSTÂNCIA 5

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4				
z	175,6935	177,6728	180,3861	1,2600
Tempo para resolver (s)	67,8236	611,7749	1014,4372	419,0823
Tempo para otimizar (s)	65,0160	608,9731	1011,6049	419,0721
Distância total percorrida (km)	35222,2551	34822,6071	35602,5329	693,1203
Trechos realizados com Frota Própria (%)	43,5897	42,4761	45,0000	3,0060
Trechos realizados com LTL (%)	51,2821	49,5478	50,0000	3,2769
Trechos realizados com TL (%)	5,1282	7,9762	5,0000	1,9651
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	81,6176	82,8324	81,0764	1,6168
Ocupação dos veículos LTL (%)	35,3125	32,7704	30,7812	1,5208
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	92,2396	100,0000	4,4344
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4				
z	174,7364	177,4800	179,3908	1,4202
Tempo para resolver (s)	38,0348	206,9132	465,3191	200,8502
Tempo para otimizar (s)	35,0074	204,0741	462,4854	200,8645
Distância total percorrida (km)	33295,8446	34008,9462	34397,0217	1015,5540
Trechos realizados com Frota Própria (%)	42,1053	44,4010	44,7368	2,7690
Trechos realizados com LTL (%)	47,3684	48,6989	50,0000	3,3317
Trechos realizados com TL (%)	10,5263	6,9001	5,2632	2,6910
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	83,2031	84,1720	89,8897	3,5388
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,0764	31,6490	31,0855	1,7318
Ocupação dos veículos TL (%)	82,8125	93,8021	100,0000	6,0266
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4				
z	179,9868	182,8988	184,2643	1,2232
Tempo para resolver (s)	142,8097	691,7389	949,0488	480,6861
Tempo para otimizar (s)	139,9516	688,9273	946,3321	480,7056
Distância total percorrida (km)	33138,4960	32338,2929	32887,0588	1799,6241
Trechos realizados com Frota Própria (%)	51,2821	50,4065	47,5000	3,0764
Trechos realizados com LTL (%)	35,8974	36,5430	42,5000	4,1138
Trechos realizados com TL (%)	12,8205	13,0505	10,0000	2,1159
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	77,9687	82,4300	82,8947	2,5217
Ocupação dos veículos LTL (%)	28,7946	27,3529	25,9191	1,9948
Ocupação dos veículos TL (%)	83,7500	83,2396	68,7500	7,1225
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4				

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
z	177,6968	182,4464	185,5569	2,0337
Tempo para resolver (s)	104,3165	425,2145	1111,0183	363,2178
Tempo para otimizar (s)	101,5291	422,4262	1108,3032	363,2673
Distância total percorrida (km)	32309,9613	31889,4273	30420,3007	3386,7857
Trechos realizados com Frota Própria (%)	53,8462	53,5402	61,1111	4,3107
Trechos realizados com LTL (%)	35,8974	37,3517	27,7778	5,0418
Trechos realizados com TL (%)	10,2564	9,1082	11,1111	2,0765
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	81,2500	79,3344	73,1534	3,1234
Ocupação dos veículos LTL (%)	30,5804	32,0387	30,9375	1,2817
Ocupação dos veículos TL (%)	93,7500	92,2917	89,0625	3,3006
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5				
z	175,4491	177,6440	180,6037	1,2524
Tempo para resolver (s)	92,5057	213,6584	809,4766	222,8979
Tempo para otimizar (s)	89,6844	210,8186	806,6931	222,9117
Distância total percorrida (km)	29078,2620	33938,7931	35442,1110	1740,9906
Trechos realizados com Frota Própria (%)	43,2432	42,7989	41,4634	1,8861
Trechos realizados com LTL (%)	45,9459	50,2904	51,2195	2,8417
Trechos realizados com TL (%)	10,8108	6,9107	7,3171	1,7590
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	83,0078	84,2082	81,0662	2,6425
Ocupação dos veículos LTL (%)	30,6985	31,5548	32,2917	1,7537
Ocupação dos veículos TL (%)	89,0625	93,8021	91,6667	4,1304
Veículos vazios transportados	0,0000	0,1000	0,0000	0,3000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5				
z	175,8671	178,2701	179,8835	1,3939
Tempo para resolver (s)	46,1244	92,5020	93,7206	25,9097
Tempo para otimizar (s)	43,3185	89,6296	90,8666	25,8890
Distância total percorrida (km)	34090,3625	33263,3934	34102,8633	3784,9296
Trechos realizados com Frota Própria (%)	43,5897	41,6592	42,1053	2,3191
Trechos realizados com LTL (%)	51,2821	53,6105	50,0000	2,7010
Trechos realizados com TL (%)	5,1282	4,7303	7,8947	1,8269
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	81,0662	83,8352	82,0313	3,0326
Ocupação dos veículos LTL (%)	33,5938	34,1501	30,7566	2,3604
Ocupação dos veículos TL (%)	90,6250	98,4375	93,7500	3,2022
Veículos vazios transportados	0,0000	0,1000	0,0000	0,3000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5				
z	180,0616	182,9394	185,7593	1,5381
Tempo para resolver (s)	244,6989	791,3874	1128,4809	499,0916

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Tempo para otimizar (s)	241,7246	788,5334	1125,6583	499,1197
Distância total percorrida (km)	33011,9662	33417,6802	29986,8115	1321,7674
Trechos realizados com Frota Própria (%)	58,3333	48,7481	45,4545	3,5788
Trechos realizados com LTL (%)	33,3333	43,5515	51,5152	4,7041
Trechos realizados com TL (%)	8,3333	7,7005	3,0303	2,5365
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	76,6369	80,1298	88,3333	4,3061
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,7708	30,9807	37,3162	3,0730
Ocupação dos veículos TL (%)	93,7500	91,3802	100,0000	4,8781
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5				
z	180,8614	183,7258	186,0933	1,4677
Tempo para resolver (s)	73,5079	580,1185	3322,6540	946,5456
Tempo para otimizar (s)	70,6709	577,2124	3319,1365	946,3526
Distância total percorrida (km)	32857,3028	33136,5227	34831,5468	996,8421
Trechos realizados com Frota Própria (%)	57,8947	49,3522	50,0000	4,0621
Trechos realizados com LTL (%)	31,5789	41,4759	42,5000	4,9371
Trechos realizados com TL (%)	10,5263	9,1719	7,5000	1,5781
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	79,8295	81,1757	76,8750	1,8479
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,2500	31,9223	30,3309	1,7322
Ocupação dos veículos TL (%)	89,0625	89,8698	93,7500	2,8680
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,4				
z	176,8587	178,9815	181,1066	1,3655
Tempo para resolver (s)	104,4692	727,5212	855,9729	661,5849
Tempo para otimizar (s)	101,7261	724,6442	853,2220	661,4630
Distância total percorrida (km)	33117,7316	33906,8327	36229,1933	1459,7408
Trechos realizados com Frota Própria (%)	47,3684	45,0807	46,1538	3,4065
Trechos realizados com LTL (%)	44,7368	44,4399	43,5897	4,0077
Trechos realizados com TL (%)	7,8947	10,4793	10,2564	1,6795
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	78,6458	82,9598	81,5972	2,4509
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,6176	29,2907	28,1250	1,4498
Ocupação dos veículos TL (%)	93,7500	85,1406	92,1875	5,8890
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,4				
z	177,6397	178,5725	180,4224	0,7869
Tempo para resolver (s)	139,3599	146,4098	223,4914	51,5171
Tempo para otimizar (s)	136,5930	143,5476	220,6670	51,5450
Distância total percorrida (km)	31781,0050	33423,0010	34130,2572	699,3368

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Trechos realizados com Frota Própria (%)	50,0000	47,3600	45,9459	2,0541
Trechos realizados com LTL (%)	38,8889	43,0473	45,9459	2,8399
Trechos realizados com TL (%)	11,1111	9,5927	8,1081	3,2765
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	90,6250	82,8588	78,6765	3,6222
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,0268	31,9579	33,2721	1,5514
Ocupação dos veículos TL (%)	89,0625	90,6250	91,6667	4,3138
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,4

z	181,7577	183,7892	187,5700	1,6323
Tempo para resolver (s)	405,6670	1501,1147	2316,0805	948,8195
Tempo para otimizar (s)	402,6587	1498,1397	2313,2949	948,6874
Distância total percorrida (km)	32680,4769	33953,6176	35854,7675	817,5859
Trechos realizados com Frota Própria (%)	53,8462	48,3420	39,0244	4,5193
Trechos realizados com LTL (%)	30,7692	35,6695	43,9024	4,4920
Trechos realizados com TL (%)	15,3846	15,9885	17,0732	2,2488
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	78,7202	79,4030	82,6172	2,8098
Ocupação dos veículos LTL (%)	22,9167	24,2039	22,7430	2,6560
Ocupação dos veículos TL (%)	85,4167	78,9435	77,6786	3,8283
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,1000	0,0000	0,3000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,4000	0,0000	1,2000

Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,4

z	182,2547	185,2220	187,3038	1,4689
Tempo para resolver (s)	411,8710	1207,4029	1869,8349	790,4455
Tempo para otimizar (s)	409,1076	1204,5339	1867,0060	790,4551
Distância total percorrida (km)	30177,1500	33107,5855	35029,3282	1290,2532
Trechos realizados com Frota Própria (%)	58,3333	53,5695	56,4103	3,2754
Trechos realizados com LTL (%)	36,1111	36,1176	30,7692	3,4647
Trechos realizados com TL (%)	5,5556	10,3129	12,8205	2,6513
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	79,7619	79,8542	73,5795	2,7183
Ocupação dos veículos LTL (%)	33,6538	28,6940	23,6979	3,0166
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	89,6875	90,0000	4,7874
Veículos vazios transportados	1,0000	0,1000	0,0000	0,3000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,5

z	177,0596	179,6479	182,5789	1,6337
Tempo para resolver (s)	89,3987	277,1642	646,7060	201,2722
Tempo para otimizar (s)	86,5714	274,3508	643,9549	201,2680
Distância total percorrida (km)	33736,5845	32889,4592	35572,4860	3737,8890
Trechos realizados com Frota Própria (%)	42,5000	44,5813	42,8571	4,2678
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	47,8285	50,0000	5,7995

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Trechos realizados com TL (%)	7,5000	7,5902	7,1429	2,0156
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	82,9044	81,4743	82,2917	3,2677
Ocupação dos veículos LTL (%)	30,3125	31,0289	30,3571	1,8394
Ocupação dos veículos TL (%)	93,7500	91,4063	91,6667	5,2460
Veículos vazios transportados	0,0000	0,1000	0,0000	0,3000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,5

z	178,9303	180,4035	182,9212	1,3893
Tempo para resolver (s)	63,4844	236,5714	564,7687	196,0529
Tempo para otimizar (s)	60,4771	233,6514	561,9508	196,1288
Distância total percorrida (km)	31208,4788	33555,3298	32461,9948	1432,3309
Trechos realizados com Frota Própria (%)	50,0000	44,8955	37,5000	4,5718
Trechos realizados com LTL (%)	41,1765	48,7158	57,5000	6,0715
Trechos realizados com TL (%)	8,8235	6,3886	5,0000	1,9380
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	82,1691	83,3131	97,0833	4,9396
Ocupação dos veículos LTL (%)	33,0357	31,3742	29,7554	1,6924
Ocupação dos veículos TL (%)	83,3333	95,7813	100,0000	5,7266
Veículos vazios transportados	0,0000	0,1000	0,0000	0,3000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,5

z	183,1140	185,0652	187,8583	1,3298
Tempo para resolver (s)	199,1179	1064,7474	3512,9616	1006,9947
Tempo para otimizar (s)	195,2509	1061,8386	3510,1886	1007,1273
Distância total percorrida (km)	33896,6728	33058,1481	34788,0349	1687,8560
Trechos realizados com Frota Própria (%)	48,7179	51,5165	52,5000	3,7450
Trechos realizados com LTL (%)	38,4615	35,5498	35,0000	3,6643
Trechos realizados com TL (%)	12,8205	12,9338	12,5000	1,1073
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	81,2500	79,7504	77,2321	3,1074
Ocupação dos veículos LTL (%)	24,3750	27,8813	24,5536	2,8065
Ocupação dos veículos TL (%)	75,0000	81,0990	75,0000	4,7276
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,5, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,5

z	183,1748	185,5073	188,8703	1,7087
Tempo para resolver (s)	95,4832	771,7817	1711,2566	572,3067
Tempo para otimizar (s)	92,7094	768,9286	1708,3667	572,3017
Distância total percorrida (km)	33752,3118	33826,8259	34715,8719	629,0229
Trechos realizados com Frota Própria (%)	51,3514	50,1957	45,0000	4,5651
Trechos realizados com LTL (%)	43,2432	41,5912	42,5000	5,3099
Trechos realizados com TL (%)	5,4054	8,2131	12,5000	2,4699
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	80,0987	79,0104	77,7778	2,7366



Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Ocupação dos veículos LTL (%)	33,3984	30,8546	25,5515	2,5930
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	92,6563	84,3750	5,6358
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4				
z	180,2342	182,6084	184,7143	1,0972
Tempo para resolver (s)	86,7888	94,9639	133,7884	29,6158
Tempo para otimizar (s)	83,9754	91,8984	130,7188	29,6106
Distância total percorrida (km)	32494,8202	33912,5437	36167,2576	1031,6490
Trechos realizados com Frota Própria (%)	50,0000	42,9311	34,1463	5,3491
Trechos realizados com LTL (%)	38,8889	48,0886	58,5366	5,4735
Trechos realizados com TL (%)	11,1111	8,9803	7,3171	1,7945
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	80,5556	82,0354	83,4821	2,6074
Ocupação dos veículos LTL (%)	33,2589	32,7367	32,0312	1,8215
Ocupação dos veículos TL (%)	89,0625	92,2396	91,6667	3,0141
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4				
z	182,1572	184,0732	185,4445	1,0881
Tempo para resolver (s)	111,0816	141,7601	72,6893	147,6545
Tempo para otimizar (s)	108,2688	138,8856	69,8744	147,6850
Distância total percorrida (km)	29855,9174	33037,7945	35116,0261	3235,6358
Trechos realizados com Frota Própria (%)	41,6667	40,9320	37,2093	4,7812
Trechos realizados com LTL (%)	47,2222	52,3311	55,8140	5,0262
Trechos realizados com TL (%)	11,1111	6,7369	6,9767	1,9804
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	85,8333	84,4559	81,0547	4,9671
Ocupação dos veículos LTL (%)	30,5147	32,3533	33,5937	0,8080
Ocupação dos veículos TL (%)	89,0625	94,0104	83,3333	6,4602
Veículos vazios transportados	0,0000	0,1000	0,0000	0,3000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,4				
z	187,3563	189,2116	190,4274	1,0768
Tempo para resolver (s)	139,4885	536,6094	775,8120	459,4796
Tempo para otimizar (s)	136,3901	533,7326	772,9987	459,4594
Distância total percorrida (km)	31253,4935	32583,7203	34597,4329	3072,8691
Trechos realizados com Frota Própria (%)	43,2432	47,6316	47,5000	3,4168
Trechos realizados com LTL (%)	43,2432	37,9777	40,0000	4,0759
Trechos realizados com TL (%)	13,5135	14,3907	12,5000	4,4673
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	77,7344	77,3267	74,5066	2,1792
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,4453	28,6830	29,4922	2,5443
Ocupação dos veículos TL (%)	85,0000	90,4606	86,2500	5,3842

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,4				
z	187,9811	190,2180	194,2767	1,8737
Tempo para resolver (s)	101,0614	475,8250	743,7242	373,9694
Tempo para otimizar (s)	98,1511	472,9830	740,9993	373,9455
Distância total percorrida (km)	32437,3809	33884,4727	35474,6695	844,0630
Trechos realizados com Frota Própria (%)	42,1053	44,7263	39,4737	4,3722
Trechos realizados com LTL (%)	50,0000	46,8214	52,6316	5,1895
Trechos realizados com TL (%)	7,8947	8,4523	7,8947	1,3832
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	83,3984	81,3340	78,3333	3,1649
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,4145	31,7443	32,5000	1,3169
Ocupação dos veículos TL (%)	93,7500	92,5625	91,6667	1,2221
Veículos vazios transportados	0,0000	0,1000	0,0000	0,3000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5				
z	182,2101	184,5872	186,1927	1,1039
Tempo para resolver (s)	68,7815	138,4263	91,0829	126,2422
Tempo para otimizar (s)	66,0002	135,6106	88,3544	126,2518
Distância total percorrida (km)	33415,6990	34192,0459	34965,8440	737,3630
Trechos realizados com Frota Própria (%)	43,5897	43,1777	39,0244	3,2543
Trechos realizados com LTL (%)	46,1538	49,8531	56,0976	3,6934
Trechos realizados com TL (%)	10,2564	6,9692	4,8780	2,0457
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	84,3750	83,1953	83,5937	2,5153
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,7708	32,1923	32,8804	2,0684
Ocupação dos veículos TL (%)	89,0625	95,8333	100,0000	4,3012
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5				
z	182,3974	184,0856	185,4339	0,8874
Tempo para resolver (s)	53,2259	77,3189	72,2526	25,1840
Tempo para otimizar (s)	50,4258	74,4764	69,4526	25,1849
Distância total percorrida (km)	33341,1635	34575,1526	35445,4973	679,4357
Trechos realizados com Frota Própria (%)	43,5897	40,9981	40,4762	2,1729
Trechos realizados com LTL (%)	51,2821	54,7320	54,7619	2,3429
Trechos realizados com TL (%)	5,1282	4,2699	4,7619	1,5919
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	82,1691	84,3218	81,8015	2,3915
Ocupação dos veículos LTL (%)	36,5625	33,8888	32,0652	2,3966
Ocupação dos veículos TL (%)	100,0000	99,3750	100,0000	1,8750
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,3 e 0,5				
z	187,5277	190,4843	192,9931	1,7785
Tempo para resolver (s)	110,7346	657,8454	1435,0663	420,4352
Tempo para otimizar (s)	108,0542	655,0001	1432,3915	420,5001
Distância total percorrida (km)	32347,1934	34173,0232	35888,2905	1004,8293
Trechos realizados com Frota Própria (%)	50,0000	47,0328	44,1860	2,3137
Trechos realizados com LTL (%)	38,8889	43,7483	48,8372	3,5650
Trechos realizados com TL (%)	11,1111	9,2189	6,9767	2,5078
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	84,0278	81,7430	80,9211	2,6996
Ocupação dos veículos LTL (%)	37,2768	32,5904	30,2083	2,4872
Ocupação dos veículos TL (%)	89,0625	89,4167	83,3333	4,8692
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 1,9, TL: 1,4 e 0,5				
z	188,8298	191,2782	192,5811	1,1152
Tempo para resolver (s)	111,6197	572,2669	1301,3661	466,0384
Tempo para otimizar (s)	108,7000	569,2354	1297,7065	465,9502
Distância total percorrida (km)	32641,5616	32769,9491	34844,6076	3510,4257
Trechos realizados com Frota Própria (%)	52,9412	44,6924	41,4634	3,9303
Trechos realizados com LTL (%)	38,2353	47,1401	53,6585	4,9783
Trechos realizados com TL (%)	8,8235	8,1675	4,8780	2,0473
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	81,7708	84,0522	84,1912	4,7871
Ocupação dos veículos LTL (%)	33,6538	32,1891	33,2386	1,3964
Ocupação dos veículos TL (%)	93,7500	91,4583	100,0000	5,0882
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,4				
z	183,0627	184,9560	185,9588	0,8263
Tempo para resolver (s)	99,5886	203,4860	408,0526	172,2229
Tempo para otimizar (s)	96,8452	200,6858	405,2553	172,2254
Distância total percorrida (km)	33534,2576	32715,9343	33478,2870	2542,7450
Trechos realizados com Frota Própria (%)	39,4737	43,7387	44,7368	3,7294
Trechos realizados com LTL (%)	47,3684	43,2977	42,1053	5,3556
Trechos realizados com TL (%)	13,1579	12,9636	13,1579	2,7949
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	78,9583	80,5588	84,9265	3,5445
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,5972	28,5924	27,7344	2,5259
Ocupação dos veículos TL (%)	92,5000	91,2173	90,0000	3,2295
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,4				

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
z	183,6085	186,0031	187,9380	1,2894
Tempo para resolver (s)	59,4005	184,8247	89,8189	141,7963
Tempo para otimizar (s)	56,1470	181,8595	86,9666	141,6571
Distância total percorrida (km)	34083,8253	33937,0339	34685,1717	1134,9160
Trechos realizados com Frota Própria (%)	43,5897	43,8093	43,2432	4,8153
Trechos realizados com LTL (%)	46,1538	48,2707	45,9459	5,1033
Trechos realizados com TL (%)	10,2564	7,9200	10,8108	2,1447
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	84,5588	82,4772	82,6172	3,0695
Ocupação dos veículos LTL (%)	29,8611	31,0833	30,8824	1,6222
Ocupação dos veículos TL (%)	89,0625	91,7187	90,6250	4,9490
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,1000	0,0000	0,3000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,4000	0,0000	1,2000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,4				
z	187,5159	190,6564	195,4959	2,2636
Tempo para resolver (s)	103,4196	802,2774	1235,6015	341,5438
Tempo para otimizar (s)	100,5529	799,3066	1232,2459	341,4065
Distância total percorrida (km)	30552,2323	33229,0274	35591,9836	1468,6091
Trechos realizados com Frota Própria (%)	48,6486	48,9433	47,6190	3,0776
Trechos realizados com LTL (%)	35,1351	34,8051	35,7143	4,1249
Trechos realizados com TL (%)	16,2162	16,2516	16,6667	2,4167
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	77,9514	77,6765	76,2500	1,7392
Ocupação dos veículos LTL (%)	21,8750	24,6037	23,7500	1,7238
Ocupação dos veículos TL (%)	76,0417	82,8013	84,8214	4,7286
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,4				
z	190,0300	191,5975	193,3167	1,0493
Tempo para resolver (s)	102,0793	655,4809	765,8485	446,3595
Tempo para otimizar (s)	99,2604	652,6864	762,8838	446,3472
Distância total percorrida (km)	33545,4510	33529,9102	30240,8142	1248,1430
Trechos realizados com Frota Própria (%)	44,7368	47,5660	46,6667	4,1149
Trechos realizados com LTL (%)	44,7368	40,8698	40,0000	5,3344
Trechos realizados com TL (%)	10,5263	11,5642	13,3333	2,3020
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	79,7794	78,9084	78,5714	2,0482
Ocupação dos veículos LTL (%)	30,1471	29,6877	29,9479	2,4892
Ocupação dos veículos TL (%)	84,3750	86,3594	90,6250	3,4127
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,3 e 0,5				
z	185,2559	186,2590	188,3849	0,7848
Tempo para resolver (s)	69,7284	131,8839	81,7074	77,3966

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Tempo para otimizar (s)	66,8898	128,9967	78,6928	77,4195
Distância total percorrida (km)	29497,3164	33634,2791	34940,2510	1561,3309
Trechos realizados com Frota Própria (%)	42,4242	45,8861	45,0000	3,5278
Trechos realizados com LTL (%)	48,4848	46,4678	47,5000	5,2783
Trechos realizados com TL (%)	9,0909	7,6460	7,5000	2,3048
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	81,4732	80,6538	81,7708	2,3429
Ocupação dos veículos LTL (%)	33,7891	32,9604	34,5395	2,1136
Ocupação dos veículos TL (%)	93,7500	90,9375	85,4167	4,3151
Veículos vazios transportados	0,0000	0,1000	0,0000	0,3000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,3 e 2, TL: 1,4 e 0,5

z	185,6335	187,4691	190,4355	1,3436
Tempo para resolver (s)	174,9622	113,7025	173,5856	38,5663
Tempo para otimizar (s)	172,1197	110,8406	170,8139	38,5971
Distância total percorrida (km)	32542,5427	34628,1260	35152,1033	966,6316
Trechos realizados com Frota Própria (%)	44,4444	45,5067	43,9024	3,8116
Trechos realizados com LTL (%)	47,2222	48,8076	51,2195	3,8586
Trechos realizados com TL (%)	8,3333	5,6857	4,8780	2,0893
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	82,4219	81,2604	82,2917	1,8034
Ocupação dos veículos LTL (%)	36,5809	31,6972	34,2262	2,6034
Ocupação dos veículos TL (%)	84,3750	93,1771	89,0625	6,0041
Veículos vazios transportados	0,0000	0,2000	0,0000	0,4000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,3 e 0,5

z	189,1907	192,1477	194,3094	1,8816
Tempo para resolver (s)	116,2687	666,9801	1549,8142	490,0281
Tempo para otimizar (s)	113,4303	663,9694	1546,9304	490,0610
Distância total percorrida (km)	33469,4317	33796,4352	34391,2557	524,6557
Trechos realizados com Frota Própria (%)	51,2195	48,5685	50,0000	3,2917
Trechos realizados com LTL (%)	36,5854	38,3227	34,2105	3,4584
Trechos realizados com TL (%)	12,1951	13,1088	15,7895	2,7219
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	80,6548	79,9448	76,6447	4,3147
Ocupação dos veículos LTL (%)	24,1667	27,0134	27,6442	2,1370
Ocupação dos veículos TL (%)	87,5000	82,8676	85,4167	2,8850
Veículos vazios transportados	0,0000	0,1000	0,0000	0,3000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Frota Própria: 1 e 0,6, LTL: 0,4 e 2, TL: 1,4 e 0,5

z	191,2575	193,1177	195,3647	1,1713
Tempo para resolver (s)	259,8099	719,4758	498,4744	579,1955
Tempo para otimizar (s)	257,0313	716,5808	495,6103	579,2431
Distância total percorrida (km)	33044,5501	32948,2912	28932,2616	1475,2854

Indicador	Menor	Média	Maior	Desvio padrão
Trechos realizados com Frota Própria (%)	50,0000	49,2107	43,2432	2,6860
Trechos realizados com LTL (%)	38,8889	41,2471	48,6486	3,2503
Trechos realizados com TL (%)	11,1111	9,5421	8,1081	1,3781
Ocupação dos veículos de Frota Própria (%)	79,5139	80,5642	80,2734	2,2509
Ocupação dos veículos LTL (%)	31,4732	30,7339	30,7292	1,0493
Ocupação dos veículos TL (%)	89,0625	90,5729	83,3333	4,0642
Veículos vazios transportados	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demandas entregues com atraso	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo médio de atraso (h)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

FONTE: O autor (2021)